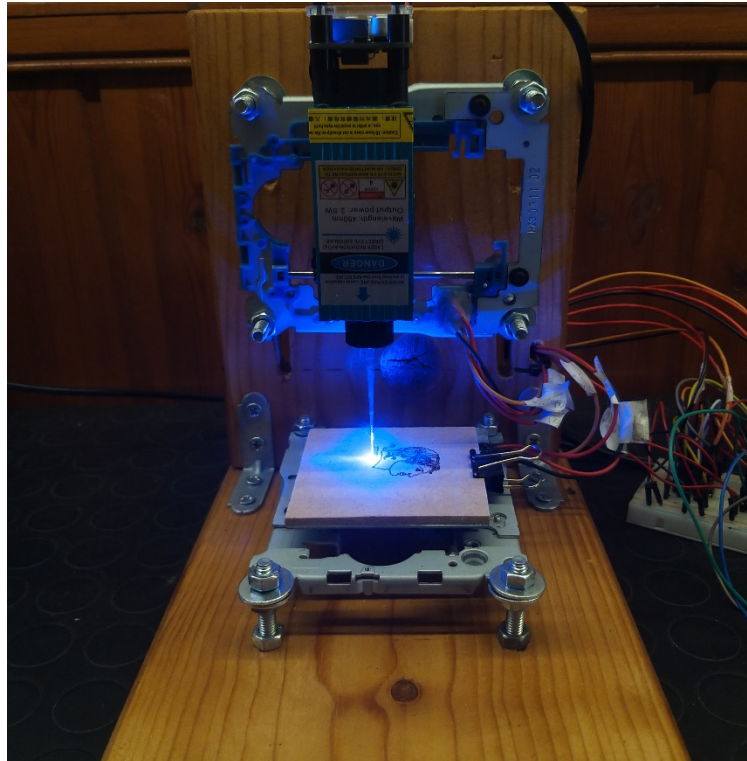




ΔΙΕΘΝΕΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΕΛΛΑΔΟΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

**Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC
(Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη
Βοήθεια LASER**



Πτυχιακή-Διπλωματική
Εργασία
των φοιτητών:
Αβραμόπουλος Κων/νος
ΚΑΣ:512158
Σπίνουλας Δημήτριος
ΚΑΣ: 512180

Επιβλέπων Καθηγητής:
Δημητριάδης Παναγιώτης
Βαθμίδα: Εργαστηριακός
Συνεργάτης

Θεσσαλονίκη, Φεβρουάριος 2023

Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER

Τίτλος Δ.Ε.: Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER

Κωδικός Δ.Ε.:
21254

Ονοματεπώνυμο φοιτητών: Αβραμόπουλος Κων/νος (512158) και Σπίνουλας Δημήτριος (512180)

Ονοματεπώνυμο εισηγητή: Δημητριάδης Παναγιώτης (Εργαστηριακός Συνεργάτης)

Ημερομηνία ανάληψης Δ.Ε.:
03-04-2021

Ημερομηνία περάτωσης Δ.Ε.:
04-02-2023

Βεβαιώνουμε ότι είμαστε οι συγγραφείς αυτής της εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχαμε για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, έχουμε καταγράψει τις όποιες πηγές από τις οποίες κάναμε χρήση δεδομένων, ιδεών, εικόνων και κειμένου, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επιπλέον, βεβαιώνουμε ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από τον καθένα μας προσωπικά, ειδικά ως διπλωματική εργασία, στο Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του ΔΙ.ΠΑ.Ε.

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία των φοιτητών **Σπίνουλα Δημητρίου** και **Αβραμόπουλου Κωνσταντίνου** που την εκπόνησαν. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης, ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσης της εργασίας διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο της εργασίας, δεν σημαίνει καθ' οποιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού, ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, πώληση, εμπορική χρήση, διανομή, έκδοση, μεταφόρτωση (downloading), ανάρτηση (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιοδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού.

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος, δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα, εκ μέρους του Τμήματος.

ΚΕΝΗ ΣΕΛΙΔΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη και κατασκευή εργαλειομηχανής δύο αξόνων, οι οποίοι ελέγχονται από συστήματα ψηφιακής καθοδήγησης, βασισμένα στη τεχνολογία του Υπολογιστικού Αριθμητικού Ελεγχόμενου Συστήματος (Computer Numerically Controlled Systems, CNC-Systems, ή απλώς και CNC), για την επεξεργασία της επιφάνειας διαφόρων υλικών. Σημειωτέον ότι, στην επεξεργασία, εκτός αυτής (επεξεργασίας) της επιφάνειας, συμπεριλαμβάνεται και η διεργασία κοπής και διάτρησης υλικών συγκεκριμένου πάχους.

Σαν εισαγωγή, γενικά, οι μύλοι, οι τόννοι, οι δρομολογητές και τα λέιζερ είναι μηχανήματα, των οποίων οι λειτουργίες μπορούν να αυτοματοποιηθούν με την τεχνολογία CNC, καθώς επίσης και οι μηχανές, συγκόλλησης, ηλεκτρονικής συναρμολόγησης, περιέλιξης νημάτων κ. ά.. Ως είναι γνωστό, το CNC είναι ευέλικτο στον προγραμματισμό και παρέχει περισσότερη ακρίβεια, στην πολυπλοκότητα και επαναληψιμότητα, από ότι είναι δυνατό με τη χειροκίνητη κατεργασία. Ένα εξελιγμένο σύστημα CNC κοστίζει περισσότερο από ένα συμβατικό χειροκίνητο σύστημα επεξεργασίας, καθότι απαιτεί περισσότερη συντήρηση από άλλες μεθόδους παραγωγής και απαιτεί εξειδικευμένο προσωπικό προγραμματισμού CNC. Ορισμένα συστήματα CNC είναι ενσωματωμένα με υπολογιστικό πρόγραμμα σχεδιασμού (Computer aided design, CAD) και με υπολογιστή για τον έλεγχο της κατασκευής (Computer Aided Manufacturing, CAM), το οποίο μπορεί να επιταχύνει τη διαδικασία προγραμματισμού της μονάδας ελέγχου της εργαλειομηχανής (Microcontroller Unit, MCU). Η σύνδεσή με λογισμικό για σύστημα ενδοεπιχειρησιακού σχεδιασμού (Enterprise Resource Planning, ERP) και σχετικές εφαρμογές, όπως το λογισμικό διαχείρισης περιουσιακών στοιχείων επιχείρησης, μπορεί να διευκολύνει τις διαδικασίες επιχειρησιακής νοημοσύνης και να συμβάλει στη βελτίωση της απόδοσης και της συντήρησης της εγκατάστασης.

Η παρούσα εργασία περιλαμβάνει την μελέτη, τον σχεδιασμό και την κατασκευή ενός συστήματος σχεδιασμού με εργαλείο κατεργασίας ενισχυτή φωτός με εξαναγκασμένη εκπομπή ακτινοβολίας (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, laser). Κατά τη διαδικασία μίας πρωτότυπης κατασκευής – επεξεργασίας ενός αντικειμένου δημιουργείται, καταρχάς, ένα σχέδιο με τη βοήθεια προγράμματος σχεδιασμού με τη χρήση υπολογιστή (Computer aided design, CAD) και κατόπιν τούτου, το σχέδιο μεταφράζεται σε κώδικα G (διεθνή τυπική γλώσσα). Το πρόγραμμα «φορτώνεται» στη μονάδα ελέγχου της εργαλειομηχανής (Microcontroller Unit, MCU) και εκτελείται μια δοκιμαστική λειτουργία, για το πώς θα γίνει η χάραξη – κάψιμο. Αυτό το βήμα είναι σημαντικό, επειδή ο εσφαλμένος προγραμματισμός ασφαλώς θα προκαλέσει λανθασμένα είδωλα.

Για κάθε αντικείμενο, που πρόκειται να κατασκευαστεί με το CNC, συντάσσεται ένα αντίστοιχο πρόγραμμα υπολογιστή, συνήθως γραμμένο σε G-code. Στην παραπάνω γλώσσα, ο πρόγραμμα περιέχει όλες τις οδηγίες της επεξεργασίας του υλικού και τις παραμέτρους, που θα ακολουθήσει το ηλεκτρομηχανικό σύστημα, όπως, ο ρυθμός τροφοδοσίας των υλικών, η τοποθέτηση, η κίνηση και η ταχύτητα των εξαρτημάτων του.

Abstract

The purpose of this work is the study and construction of two-axis machine tools, which are controlled by digital guidance systems, based on Computer Numerically Controlled Systems (CNC-Systems, or simply CNC) technology, for surface processing various materials. It should be noted that, in addition to this (processing) of the surface, the process of cutting and drilling materials of a certain thickness is also included.

As an introduction, in general, mills, lathes, routers and lasers are machines, whose operations can be automated with CNC technology, as well as machines, welding, electronic assembly, thread winding, etc.. As is known, CNC is flexible in programming and provides more precision, complexity and repeatability than is possible with manual machining. A sophisticated CNC system costs more than a conventional manual machining system, as it requires more maintenance than other manufacturing methods and requires specialized CNC programming personnel. Some CNC systems are integrated with computer aided design (CAD) and computer aided manufacturing (CAM), which can speed up the programming process of the machine tool control unit (Microcontroller Unit, MCU). Linking with Enterprise Resource Planning (ERP) software and related applications, such as enterprise asset management software, can facilitate business intelligence processes and help improve plant performance and maintenance.

This work includes the study, design and construction of a design system with a Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (laser) processing tool. During the process of prototyping an object, a design is first created with the help of a design program using a computer (Computer aided design, CAD) and then the design is translated into G code (international standard language). The program is "loaded" into the control unit of the machine tool (Microcontroller Unit, MCU) and a test operation is performed, on how the engraving - burning will be done. This step is important because incorrect programming will certainly cause incorrect images.

For each object to be manufactured with the CNC, a corresponding computer program is drawn up, usually written in G-code. In the above language, the program contains all the instructions of the processing of the material and the parameters, which will be followed by the electromechanical system, such as, the feeding rate of the materials, the positioning, the movement and the speed of its components.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στο σημείο αυτό θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά το καθηγητή μας κ. Δημητριάδη Παναγιώτη που στάθηκε δίπλα μας όχι μόνο στην υλοποίηση αυτής της εργασίας αλλά και κατά τη διάρκεια αυτών των φοιτητικών χρόνων. Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στις οικογένειες μας για την ανιδιοτελή και ανυπολόγιστη υποστήριξη τους, για τα εφόδια που μας παρείχαν σε όλη αυτή τη δύσκολη περίοδο φροντίζοντας έτσι για την καλύτερη δυνατή μόρφωση μας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1°	9
<i>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</i>	9
1.1 <i>Γενική Περιγραφή</i>	9
1.2 <i>Σύντομη Ιστορική Αναδρομή</i>	9
1.3 <i>Η γέννηση του αριθμητικού ελέγχου</i>	10
1.4 <i>Η εξέλιξη από NC σε CNC</i>	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2°	13
<i>CNC ΜΗΧΑΝΕΣ</i>	13
2.1 <i>Η έννοια CNC</i>	13
2.2 <i>Σχεδιασμός εργαλειομηχανών</i>	14
2.3 <i>Η λειτουργία των CNC</i>	14
2.4 <i>Τύποι μηχανών CNC</i>	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3°	24
<i>ARDUINO</i>	24
3.1 <i>Το Arduino</i>	24
3.2 <i>Η χρήση του κώδικα Arduino</i>	24
3.3 <i>Η οικογένεια Arduino</i>	24
3.4 <i>Arduino Uno (R3)</i>	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4°	26
<i>LASER</i>	26
4.1 <i>Ιστορική αναδρομή του laser</i>	26
4.2 <i>Δίοδος laser</i>	28
4.3 <i>Κατάλληλος τύπος laser για χάραξη-κάψιμο</i>	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5°	30
<i>ΒΑΣΙΚΑ ΜΕΡΗ - HARDWARE ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ</i>	30
5.1 <i>Τροφοδοσία</i>	30
5.2 <i>Κύκλωμα τροφοδοσίας</i>	30
5.3 <i>Παλμοτροφοδοτικό (Switched Mode Power Supply SMPS)</i>	30
5.4 <i>Αρχή των βηματικών κινητήρων – Stepper Motor</i>	32
5.5 <i>Πώς λειτουργεί ένας βηματικός κινητήρας</i>	32
5.6 <i>Κύκλωμα οδήγησης των βηματικών κινητήρων</i>	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6°	39

Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	39
6.1 Τρόπος λειτουργίας της παρούσης εργασίας	39
6.2 Δυνατότητες κατεργασίας	39
6.3 Πρακτικότητα	39
6.4 Εργαλείο κατεργασίας	40
6.5 Χαρακτηριστικά κεντρικής μονάδας H/Y.....	40
6.6 Εγκατάσταση Λογισμικού	40
6.7 Μέτρα προστασίας	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο	41
ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.....	41
7.1 Εισαγωγή	41
7.2 Εξοπλισμός.....	41
7.3 Υλικά βάσης	41
7.4 Βηματικοί κινητήρες	44
7.5 Ηλεκτρονικά εξαρτήματα	46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο	49
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ CNC.....	49
8.1 Κύκλωμα με χρήση PSpice	49
8.2 Δημιουργία κώδικα Arduino.....	49
8.3 Λογισμικό σχεδίασης.....	60
8.4 Εκτέλεση σχεδίου στην κατασκευή.....	65
8.5 Δοκιμή σε άλλα υλικά.....	67
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο	75
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ.....	75
9.1 Εγκατάσταση της μηχανής.....	75
9.2 Προστασία.....	75
9.3 Συντήρηση.....	76
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο	77
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΕΙΣ	77
10.1 Συμπεράσματα από την εργασία	77
10.2 Μελλοντικές αναβαθμίσεις	77
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΠΗΓΕΣ	78

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενική Περιγραφή

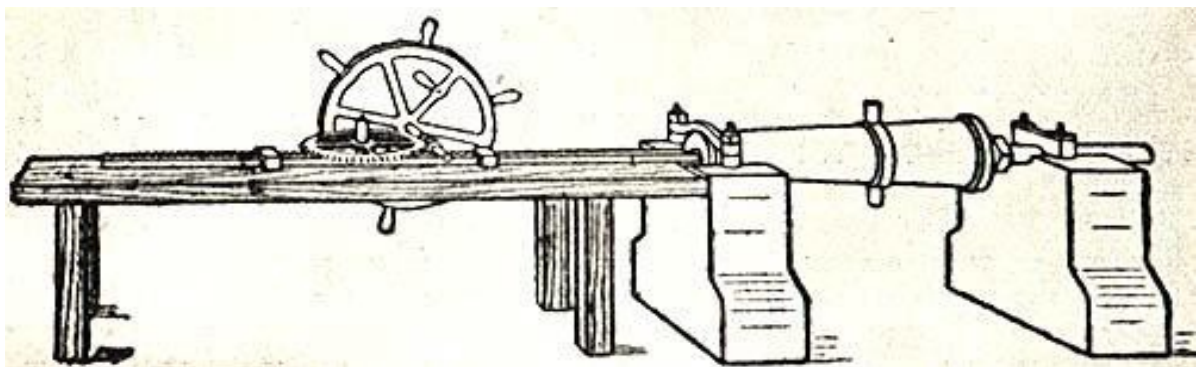
Το αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η παρουσίαση και η κατασκευή της. Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματεύεται το σχεδιασμό, τη μελέτη και την κατασκευή μίας αριθμητικά ελεγχόμενης από υπολογιστή (Computer Numerical Control, CNC) εργαλειομηχανής δύο αξόνων με εργαλείο κατεργασίας το laser για σχεδίαση και επεξεργασία επιφανειών.

Σκοπός είναι η κατασκευή μιας μηχανής που θα λειτουργεί σαν εκτυπωτής και θα χρησιμοποιείται για την σχεδίαση δοκιμίων, θα πληροί τα κριτήρια της ακρίβειας και της επαναληπτικότητας που προσφέρουν οι CNC εργαλειομηχανές και θα έχει μικρές διαστάσεις. Η υλοποίηση μιας τέτοιας προσπάθειας απαιτεί καλό σχεδιασμό, σωστή επιλογή των υλικών που θα απαρτίσουν την μηχανή, ανάλυση και επανασχεδιασμό έως ότου η μηχανή αυτή καταστεί έτοιμη προς χρήση.

Η μελέτη και ο σχεδιασμός έγινε με στόχο η μηχανή να μπορεί να σχεδιάσει – χαράξει, πάνω σε μια ξύλινη επιφάνεια με τη χρήση του laser ως εργαλείο κατεργασίας. Η εργαλειομηχανή θα συνδέεται με ηλεκτρονικό υπολογιστή από τον οποίο θα ελέγχονται οι λειτουργίες της μέσω ενός λογισμικού προγράμματος (Software).

1.2 Σύντομη Ιστορική Αναδρομή

Η πρώτη εργαλειομηχανή θεωρείται πως κατασκευάστηκε το 1775 από τον John Wilkinson και ήταν η λύση για την ακριβή διάνοιξη κυλίνδρων για ατμομηχανές. Ο James Watt πιστώνεται με τη δημιουργία της ατμομηχανής που τροφοδότησε τη Δεύτερη Βιομηχανική Επανάσταση στην Αγγλία, αλλά αντιμετώπιζε προβλήματα ακρίβειας στους κυλίνδρους της ατμομηχανής. Είχε προσπαθήσει ανεπιτυχώς για αρκετά χρόνια να αποκτήσει κυλίνδρους με ακρίβεια για τις ατμομηχανές του και αναγκάστηκε να χρησιμοποιήσει σφυρήλατο σίδηρο, το οποίο δεν ήταν στρογγυλό και προκαλούσε διαρροή πέρα από το έμβολο. Μέχρι που ο John Wilkinson κατασκεύασε την πρώτη εργαλειομηχανή δημιουργίας κυλίνδρων ακρίβειας, κατάφερε να ολοκληρώσει με ακρίβεια το σχέδιο του αρχικού κανονιού.



Εικόνα 1.1: Η πρώτη κατασκευή του John Wilkinson το 1776. [1]

Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER

Το 1725, ο Γάλλος εργάτης κλωστοϋφαντουργίας Basile Bouchon εφηύρε έναν τρόπο να ελέγχει τους αργαλειούς χρησιμοποιώντας δεδομένα κωδικοποιημένα σε χαρτοταινίες μέσα από μια σειρά από τρυπημένες τρύπες. Ενώ ήταν πρωτοποριακή, αυτή η μέθοδος ήταν εύθραυστη και απαιτούσε ακόμα χειριστή. Το 1805, ο Joseph Marie Jacquard υιοθέτησε αυτήν την ιδέα, αλλά την ενίσχυσε και την απλοποίησε συνδέοντας πιο στιβαρά χαρτιά με τη σειρά, αυτοματοποιώντας έτσι τη διαδικασία. Αυτές οι διάτρητες κάρτες θεωρούνται ευρέως ως θεμελιώδεις για αυτό που επρόκειτο να γίνει σύγχρονος υπολογιστής και σηματοδοτούσαν το τέλος της βιομηχανίας εξοχικών σπιτιών στην ύφανση.

Άλλη ενδιαφέρον εφεύρεση ήταν ο αργαλειός του Jacquard, η οποία αντιμετώπισε προβλήματα από τους μεταξουργούς της εποχής, οι οποίοι φοβούνταν ότι αυτός ο αυτοματισμός θα τους έκλεβε τις δουλειές και τα προς το ζην. Έκαψαν επανειλημμένα τους αργαλειούς που τέθηκαν σε παραγωγή. Ωστόσο, η αντίστασή αυτή τους αποδείχθηκε μάταιη καθώς η βιομηχανία αναγνώρισε τα πλεονεκτήματα του αργαλειού. Μέχρι το 1812, στη Γαλλία, υπήρχαν 11.000 αργαλειοί Jacquard σε χρήση.



Εικόνα 1.2: Η καινοτόμα επαναδημιουργία του αργαλειού jacquard που υλοποιήθηκε το 1805. [2]

1.3 Η γέννηση του αριθμητικού ελέγχου

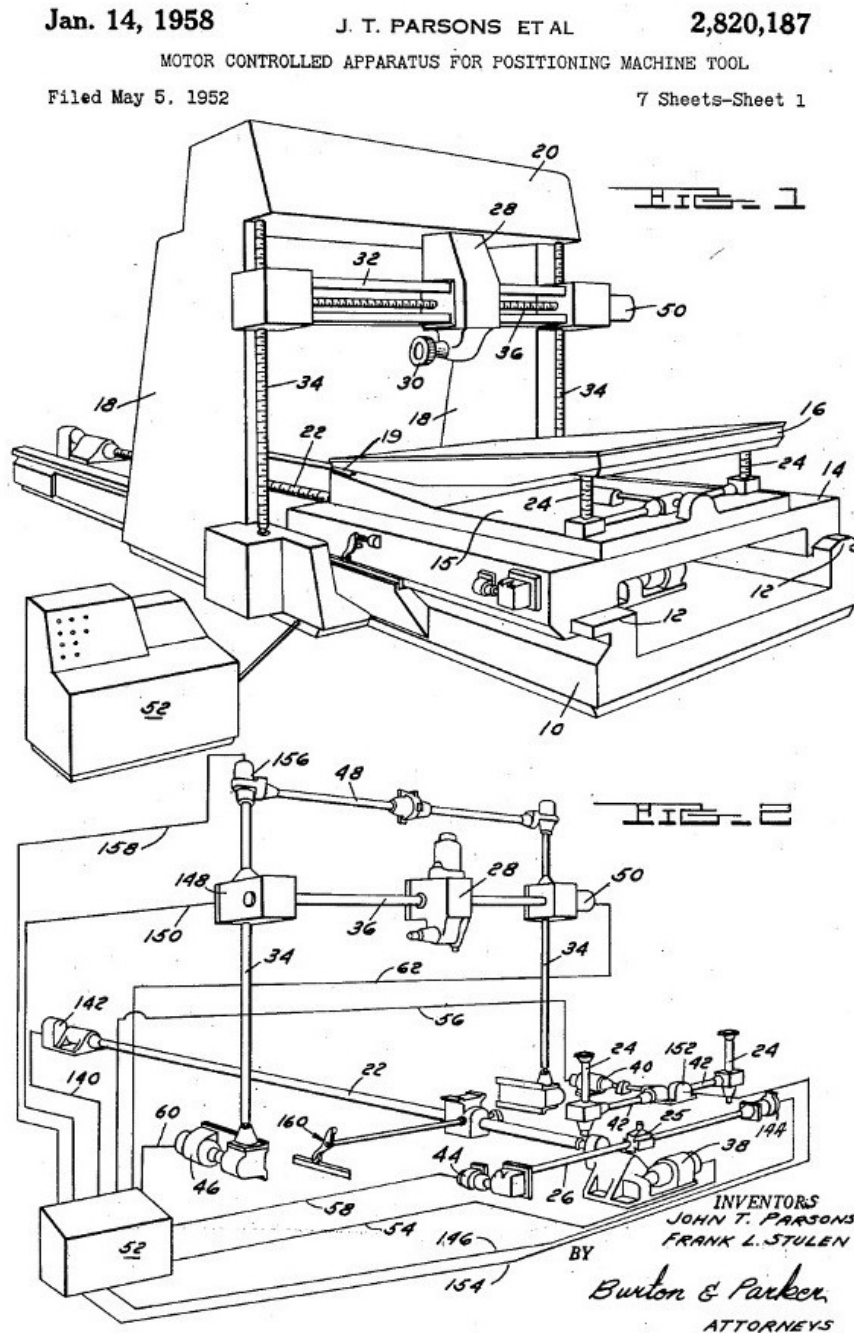
Πριν από την εμφάνιση των μηχανών που ελέγχονται από υπολογιστή, ήρθε για πρώτη φορά η ανάπτυξη του αριθμητικού ελέγχου και των πρώτων εργαλειομηχανών αριθμητικού ελέγχου (Numerical Control, NC).

Το 1842, ο Γάλλος Claude Seytre περιέγραψε μια συσκευή παιξίματος πιάνου που διάβαζε δεδομένα από διάτρητα ρολά χαρτιού, κατακτώντας δίπλωμα ευρεσιτεχνίας. Μέχρι το 1900, χρησιμοποιήθηκαν φαρδιά διάτρητα ρολά μουσικής για πιάνο παικτών για τη διανομή της δημοφιλούς μουσικής στις μαζικές αγορές.

Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER

Το 1846, ο Alexander Bain χρησιμοποίησε διάτρητη ταινία για να στείλει τηλεγραφήματα. Αυτή η τεχνολογία υιοθετήθηκε από τον Charles Wheatstone το 1857 για το σύστημα Wheatstone που χρησιμοποιείται για την αυτοματοποιημένη προετοιμασία, αποθήκευση και μετάδοση δεδομένων στην τηλεγραφία.

Ο Αμερικανός εφευρέτης John T. Parsons κατέχει το πρώτο δίπλωμα ευρεσιτεχνίας εργαλειομηχανών αριθμητικού ελέγχου και εισήχθη στο National Inventors Hall of Fame για το πρωτοποριακό έργο του στον αριθμητικό έλεγχο. Συνολικά, ο Parsons κατέχει 15 διπλώματα ευρεσιτεχνίας, ενώ άλλα 35 έχουν χορηγηθεί στην επιχείρησή του.



Εικόνα 1.3: Συσκευή ελεγχόμενης μηχανής για τον αυτόματο έλεγχο εργαλειομηχανών. [3]

1.4 Η εξέλιξη από NC σε CNC

Το 1950 η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη γλώσσα προγραμματισμού αριθμητικού ελέγχου (Numerical Control, NC) γεννήθηκε από το MIT Servomechanisms Lab.

Το 1957 ο Αμερικανός επιστήμονας υπολογιστών Patrick J. Hanratty ενώ εργαζόταν στην General Electric, αναπτύσσει και κυκλοφορεί μια πρώιμη εμπορική γλώσσα προγραμματισμού αριθμητικού ελέγχου που ονομάζεται Pronto, θέτοντας τα θεμέλια για μελλοντικά προγράμματα σχεδιασμού βοηθούμενα από υπολογιστή (Computer aided design, CAD).

Και το 1959 η ομάδα του MIT διοργανώνει συνέντευξη τύπου για να παρουσιάσει την ανάπτυξη της νέας μηχανής CNC. Ως γνωστόν, ένα τασάκι από αλουμίνιο.



Εικόνα 1.4: Τασάκι αλουμινίου, δημιουργία από CNC μηχανή. [4]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

CNC ΜΗΧΑΝΕΣ

2.1 Η έννοια CNC

Ο αριθμητικός έλεγχος μέσω υπολογιστή (Computer Numerical Control, CNC) είναι μια μέθοδος ελέγχου για τον αυτοματισμό των εργαλειομηχανών μέσω λογισμικού το οποίο ελέγχεται από υπολογιστή που είναι συνδεδεμένο με το εργαλείο. Χρησιμοποιείται συνήθως σε εργαλειομηχανές εργοστασίων για την κατασκευή και την κατεργασία εξαρτημάτων .

Με τη χρήση του αριθμητικού ελέγχου με τη βοήθεια υπολογιστή, η εργαλειομηχανή που πρόκειται να κατασκευάσει ή να κατεργαστεί κάποιο αντικείμενο λαμβάνει ένα προσαρμοσμένο πρόγραμμα από τον υπολογιστή, συνήθως γραμμένο σε μια διεθνή τυπική γλώσσα που ονομάζεται G-code. Σε άλλου τύπου εργαλειομηχανές όπως οι αριθμητικού ελέγχου (Numerical Control, NC) αποθηκεύεται και εκτελείται από τη μονάδα ελέγχου της εργαλειομηχανής (Microcontroller Unit, MCU), έναν μικροϋπολογιστή που είναι συνδεδεμένος στο μηχάνημα. Το πρόγραμμα περιέχει τις οδηγίες και τις παραμέτρους που θα ακολουθήσει η εργαλειομηχανή, όπως ο ρυθμός τροφοδοσίας των υλικών και η θέση και η ταχύτητα του εξαρτήματος κατεργασίας.



Εικόνα 2.1: Εργαλειομηχανή τύπου CNC Router. [5]

Οι μύλοι, οι τόννοι, οι δρομολογητές, και τα λέιζερ είναι κοινές εργαλειομηχανές των οποίων οι λειτουργίες μπορούν να αυτοματοποιηθούν με τη μέθοδο του αριθμητικού ελέγχου μέσω υπολογιστή (CNC). Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο μη μηχανικών εργαλείων, όπως μηχανές συγκόλλησης, ηλεκτρονικής συναρμολόγησης και περιέλιξης νήματος.

2.2 Σχεδιασμός εργαλειομηχανών

Οι εργαλειομηχανές είναι ένα ανεκτίμητο μέρος της βιομηχανικής κατασκευής.

Η απόδοση μιας εργαλειομηχανής μετριέται ως προς την ακρίβεια και την παραγωγικότητα. Η ακρίβεια και η απόδοση εξαρτώνται από τη στατική ακαμψία και τη δυναμική της εργαλειομηχανής. Η βελτιστοποίηση των εργαλειομηχανών αποτελεί σημαντικό μέρος της λειτουργίας και συντήρησης των εργαλειομηχανών.

Υπάρχουν διάφορες ταξινομήσεις εργαλειομηχανών.

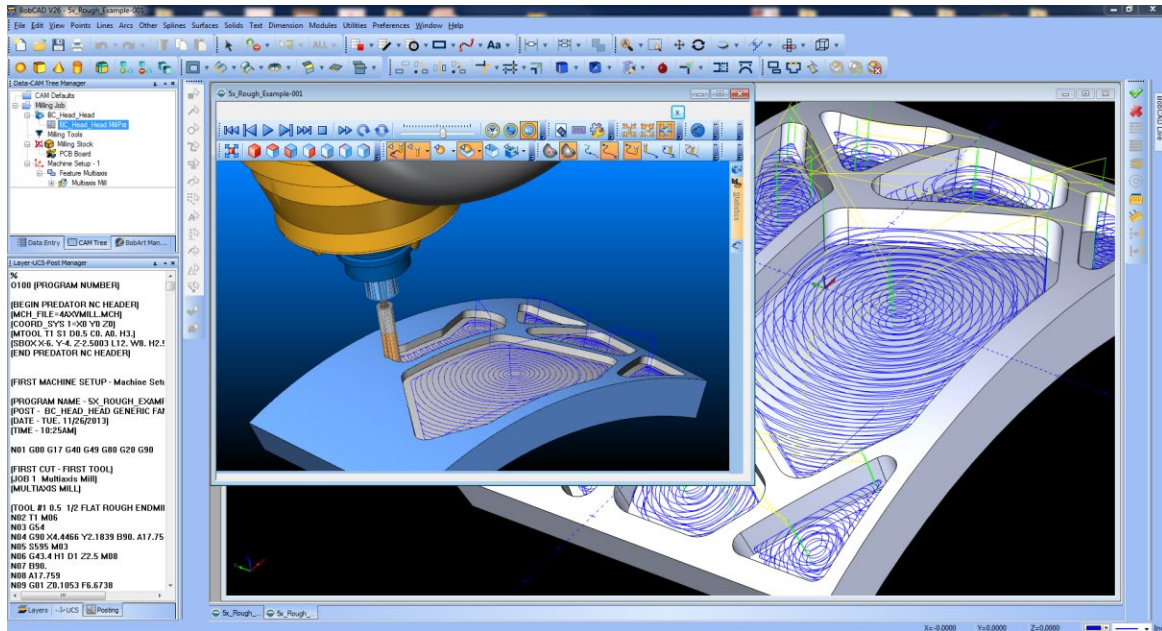
- **Ταξινόμηση ανά βαθμό αυτοματισμού :** Πρόκειται για εργαλειομηχανές με χειροκίνητα, ημιαυτόματα και αυτόματα χειριστήρια.
- **Ταξινόμηση κατά βάρος:** Σε αυτήν την κατηγορία μηχανές βάρους ενός τόνου είναι ελαφριάς χρήσης. Οι μηχανές βάρους δέκα τόνων είναι μεσαίου τύπου, ενώ εκείνες που ζυγίζουν πάνω από 10 τόνους ταξινομούνται ως βαρέως τύπου.
- **Ταξινόμηση ανά βαθμό εξειδίκευσης :** Οι μηχανές γενικής χρήσης εκτελούν πολλαπλές λειτουργίες σε εξαρτήματα διαφορετικών σχημάτων και μεγεθών. Οι μηχανές μίας χρήσης εκτελούν μία μόνο λειτουργία σε εξαρτήματα συγκεκριμένου σχήματος αλλά με διαφορετικά μεγέθη. Οι ειδικές εργαλειομηχανές μπορούν να εκτελέσουν μόνο μία λειτουργία σε εξαρτήματα συγκεκριμένου σχήματος και μεγέθους.
- **Ακρίβεια - Ταχύτητα Κατεργασίας :** Μπορεί να δίνεται η επιλογή στην ταχύτητα της επεξεργασίας του αντικειμένου και στο ποσοστό της ακρίβειας και της παραγωγικότητας

2.3 Η λειτουργία των CNC

Στην αρχή της διαδικασίας, οι μηχανικοί δημιουργούν ένα σχέδιο με τη βοήθεια προγράμματος σχεδιασμού με τη χρήση υπολογιστή (Computer aided design, CAD) του εξαρτήματος που πρόκειται να κατασκευαστεί και στη συνέχεια μεταφράζουν το σχέδιο σε κώδικα G (G-Code). Το πρόγραμμα φορτώνεται στη μονάδα επεξεργασίας ή στον υπολογιστή της εργαλειομηχανής και ένας ανθρώπινος χειριστής εκτελεί μια δοκιμαστική λειτουργία χωρίς την πρώτη ύλη στη θέση του, για να διασφαλίσει τη σωστή τοποθέτηση και απόδοση. Αυτό το βήμα είναι σημαντικό επειδή η λανθασμένη ταχύτητα ή η λανθασμένη τοποθέτηση μπορεί να βλάψει τόσο το μηχάνημα όσο και το εξάρτημα.

Ο κώδικας G-code χρησιμοποιείται για να πει στις μηχανογραφημένες εργαλειομηχανές πώς να φτιάξουν κάτι. Οι οδηγίες αποστέλλονται στον ελεγκτή μηχανής, ο οποίος στη συνέχεια λέει στους κινητήρες πόσο γρήγορα να κινηθούν, ποια διαδρομή να ακολουθήσουν και στο εργαλείο κατεργασίας, στην περίπτωση της παρούσας εργασίας το laser, πότε και με τι ένταση να κατεργαστεί το αντικείμενο.

Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER



Εικόνα 2.2: Λογισμικό προγράμματος CAD. [6]

Το CNC παρέχει μεγαλύτερη ακρίβεια, ευκολία στην δημιουργία της πολυπλοκότητας των σχεδίων και επαναληψιμότητα από ό,τι είναι δυνατό με τη χειροκίνητη κατεργασία. Άλλα πλεονεκτήματα περιλαμβάνουν ταχύτητα και ευελιξία, καθώς και δυνατότητες όπως η κατεργασία τρισδιάστατων περιγραμμάτων ενός αντικειμένου.

Από την άλλη πλευρά, το υπολογιστικό σύστημα αριθμητικού ελέγχου (Computer Numerical Control, CNC) είναι πιο ακριβό, απαιτεί περισσότερη συντήρηση από άλλες μεθόδους παραγωγής και υποχρεώνει τις εταιρείες να έχουν εξειδικευμένο προσωπικό πάνω σε αυτό.

Ορισμένα συστήματα υπολογιστικού αριθμητικού ελέγχου έχουν ενσωματωμένο το πρόγραμμα υπολογιστικού σχεδιασμού (Computer Aided Design, CAD), το οποίο μπορεί να επιταχύνει τη διαδικασία προγραμματισμού της μονάδας ελέγχου της εργαλειομηχανής (Microcontroller Unit, MCU) ή του υπολογιστή που είναι συνδεδεμένη η εργαλειομηχανή. Η ενσωμάτωση με το Σύστημα ενδοεπιχειρησιακού σχεδιασμού (Enterprise Resource Planning, ERP) και τις σχετικές εφαρμογές, όπως το λογισμικό διαχείρισης περιουσιακών στοιχείων της επιχείρησης, μπορεί να διευκολύνει τις διαδικασίες λειτουργικής ευφυΐας και να συμβάλει στη βελτίωση της απόδοσης και της συντήρησης της εγκατάστασης λαμβάνοντας πληροφορίες από την επιχείρηση.

2.4 Τύποι μηχανών CNC

Ανάλογα με τον προϋπολογισμό, το χρόνο, το υλικό εργασίας, το σχήμα και το μέγεθος του προϊόντος, γίνεται η επιλογή από διάφορους τύπους μηχανών CNC για να γίνει η επεξεργασία ή η κατασκευή του υλικού, συγκεκριμένα υπάρχουν οκτώ τύποι μηχανών CNC:

- Φρέζα CNC
- Δρομολογητές CNC
- Μηχανές κοπής πλάσματος CNC
- Τόρνοι CNC
- Μηχάνημα κοπής με λέιζερ CNC
- Μηχάνημα κοπής CNC Waterjet

Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER

- Μηχανές ηλεκτρικής εκκένωσης CNC
- Μύλοι CNC

Φρέζα CNC

Οι μηχανές φρεζαρίσματος CNC είναι από τις πιο δημοφιλείς μηχανές CNC, με ενσωματωμένα εργαλεία που χρησιμοποιούνται κυρίως για διάτρηση και κοπή. Οι μύλοι εξάγουν και μετατρέπουν συγκεκριμένα προγράμματα που αποτελούνται από γράμματα και αριθμούς, κώδικας G (G-Code) προκειμένου να δρομολογήσουν τον άξονα με διαφορετικούς τρόπους. Μετά την τοποθέτηση του υλικού στο εσωτερικό της φρέζας, ο υπολογιστής αναλαμβάνει τον έλεγχο. Ο κώδικας του υπολογιστή καθοδηγεί κάθε κίνηση και ενέργεια του άξονα και των εργαλείων για την κοπή και τη μετατροπή του υλικού εργασίας σε ένα σχεδιασμένο προσαρμοσμένο εξάρτημα με υψηλή ακρίβεια. Οι μηχανές αυτές έχουν διαμορφώσεις που ξεκινούν από 3 άξονες, έως έξι άξονες. Στο πιο βασικό CNC 3 αξόνων, οι τρεις άξονες αντιπροσωπεύουν τις κινήσεις του άξονα X (οριζόντια), του άξονα Y (οριζόντια) και του άξονα Z (βάθος). Οι μηχανές φρεζαρίσματος CNC είναι αρκετά μεγάλες και ακριβές σε σύγκριση με άλλες μηχανές CNC όπως οι δρομολογητές CNC.

Γενικά, οι μηχανές φρεζαρίσματος CNC χρησιμοποιούνται για τη μηχανική κατεργασία σκληρών μετάλλων και οι δρομολογητές CNC για τη μηχανική κατεργασία μαλακότερων υλικών όπως ξύλο, πλαστικό και μαλακά μέταλλα. Οι Okuma, Haas και DMG Mori είναι μερικοί από τους δημοφιλείς κατασκευαστές μηχανών φρεζαρίσματος CNC.



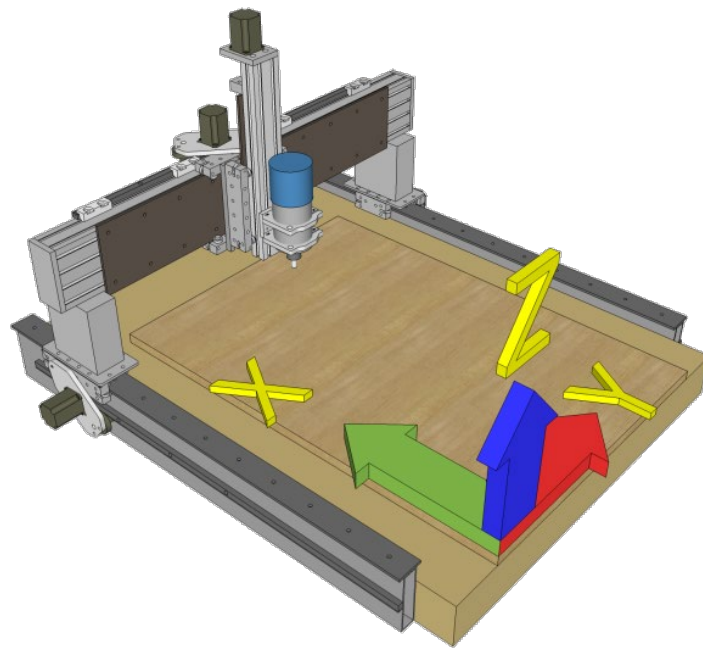
Εικόνα 2.3: Μηχανή φρεζαρίσματος 3^{ων} αξόνων. [7]

Δρομολογητές CNC

Ένας δρομολογητής CNC είναι ένα μηχάνημα παρόμοιο με ένα μύλο CNC, αλλά χρησιμοποιείται γενικά για την κατεργασία μαλακότερων υλικών και είναι συνήθως λιγότερο ακριβής σε σύγκριση με τους μύλους CNC.

Κύριο χαρακτηριστικό των δρομολογητών CNC είναι η ικανότητά τους να χρησιμοποιούν τη μέθοδο του αριθμητικού ελέγχου με υπολογιστή για να δρομολογούν τις διαδρομές των αξόνων των εργαλειομηχανών για να σχεδιάσουν και να διαμορφώσουν υλικά όπως ξύλο, χάλυβα, σύνθετα υλικά, αλουμίνιο, αφρό και πλαστικό στο επιθυμητό σχέδιο και σχήμα. Επίσης αποτελούνται γενικά από μηχανική βάση που κινείται με τη βοήθεια ενός άξονα, βηματικούς κινητήρες, βηματικούς οδηγούς, ελεγκτές και τροφοδοτικό.

Οι δρομολογητές CNC μειώνουν τη σπατάλη, αυξάνουν την παραγωγικότητα και την ακρίβεια εκτός από την παραγωγή προϊόντων με ταχύτερους ρυθμούς. Οι περισσότεροι από αυτούς είναι ικανοί να κατεργαστούν ένα αντικείμενο εργασίας και στις τρεις διαστάσεις, διαπρέπουν στη δημιουργία μικρών και πολύπλοκων σχεδίων. Όπως οι Μύλοι CNC, έτσι και οι δρομολογητές CNC είναι επίσης διαθέσιμοι σε διάφορους άξονες που κυμαίνονται από τρεις έως έξι.



Εικόνα 2.4: CNC Δρομολογητής 3ων αξόνων. [8]

Μηχανές κοπής πλάσματος CNC

Οι μηχανές κοπής πλάσματος CNC είναι παρόμοιες με τις μηχανές φρεζαρίσματος CNC στο γεγονός ότι έχουν την ίδια λειτουργία, δηλαδή την κοπή υλικών. Η κύρια απαίτησή τους είναι ότι κάθε φορά που χρησιμοποιείται κοπή πλάσματος, το υλικό ή το αντικείμενο εργασίας που πρόκειται να κοπεί πρέπει να είναι ηλεκτρικά αγωγίμο.

Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER

Τυπικά υλικά που χρησιμοποιούνται ως αντικείμενα για κοπή πλάσματος είναι ο ορείχαλκος, ο χαλκός, το αλουμίνιο, ο χάλυβας και ο ανοξείδωτος χάλυβας. Αυτό θα μπορούσε επίσης να θεωρηθεί ως μειονέκτημα της κοπής με πλάσμα. Μια μηχανή κοπής πλάσματος CNC είναι εξοπλισμένη με ένα φακό υψηλής ισχύος που είναι σε θέση να κόψει ακόμη και τα πιο σκληρά υλικά όπως το τιτάνιο και το ασάλλι.

Κυρίως οι κόφτες πλάσματος CNC χρησιμοποιούνται σε βαριές βιομηχανίες όπως η ναυπηγική, η αυτοκινητοβιομηχανία, η χημική κατασκευή και τα εργοτάξια βιομηχανικού χάλυβα. Κατά συνέπεια, το αντικείμενο εργασίας είναι γενικά μεγάλο και βαρύ στην κοπή πλάσματος CNC. Ο φακός παράγει περνώντας αέριο υψηλής ταχύτητας μέσα από ένα ακροφύσιο, ενώ εκτελείται αυτή η διαδικασία, παράγεται ένα ηλεκτρικό τόξο. Το τόξο σχηματίζεται μέσω του αερίου υψηλής ταχύτητας και πηδά πάνω στο υλικό που κόβεται, μετατρέποντας μια ποσότητα του αερίου υψηλής ταχύτητας σε πλάσμα (ηλεκτρονικά ιονισμένο αέριο).

Η μηχανή κοπής πλάσματος CNC παρουσιάζει μεγάλη ομοιότητα με τη λειτουργία και την ιδιότητα ενός φορητού φακού αερίου. Ωστόσο, όταν ο πυρσός που λειτουργεί με αέριο παράγει θερμοκρασίες έως και 10.000 βαθμούς Φαρενάιτ για συγκόλληση, οι φακοί πλάσματος επιτυγχάνουν θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 10.000 βαθμούς Φαρενάιτ έως 50.000 βαθμούς Φαρενάιτ. Το υλικό που κόβεται λιώνει σε αυτή τη θερμοκρασία λόγω της ποσότητας της θερμότητας που παράγεται. Μερικές από τις δημοφιλείς μάρκες CNC κοπής πλάσματος είναι οι STV CNC και Torchmate.



Εικόνα 2.5: Μηχανή κοπής πλάσματος CNC. [9]

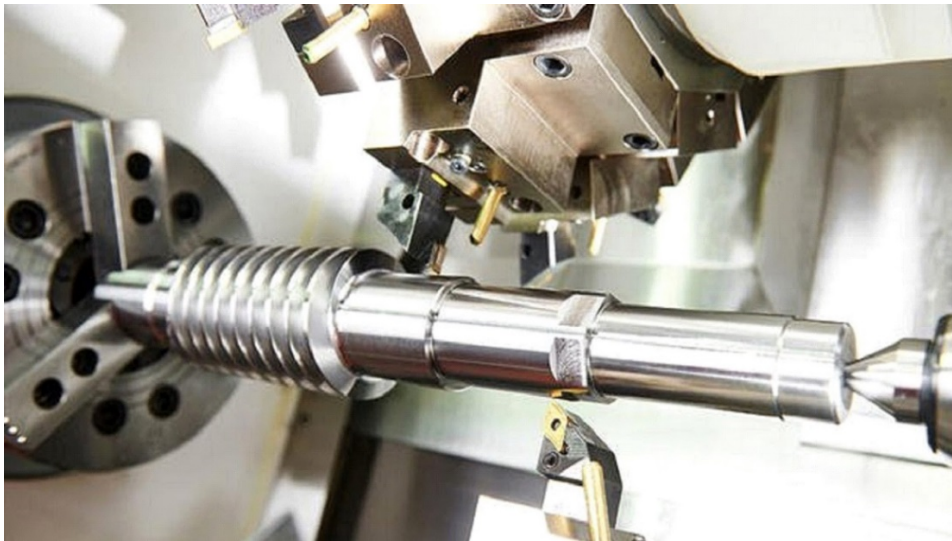
Μηχανές τόννου CNC

Οι τόννοι CNC λειτουργούν περιστρέφοντας το αντικείμενο κατεργασίας με υψηλή ταχύτητα ενώ μια λεπίδα/μαχαίρι εφαρμόζεται στην επιφάνεια για να παραχθεί το επιθυμητό προϊόν. Συνήθως λειτουργούν καλύτερα για προϊόντα κυλινδρικά, κωνικά ή επίπεδα σε σχήμα. Αυτή είναι μια σαφής διαφορά μεταξύ των Milling CNC και των Τόννων, επειδή οι μηχανές φρεζαρίσματος CNC μπορούν να λειτουργήσουν σε οποιοδήποτε σχήμα.

Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER

Αν και θεωρούνται λιγότερο ακριβείς και ευέλικτοι σε σύγκριση με τους Μύλους CNC, οι Τόρνοι CNC κοστίζουν λιγότερο και είναι εξαιρετικοί για γρήγορες, απλές εργασίες. Αποκτούν ένα πλεονέκτημα στο γεγονός ότι το μηχάνημα είναι μικρότερο και πιο συμπαγές, αυξάνοντας έτσι τη φορητότητά τους. Το μηχάνημα χαρακτηρίζεται επίσης από την ικανότητά του να περιστρέφει το αντικείμενο εργασίας κατά τη λειτουργία.

Οι μηχανές τόρνου CNC διαθέτουν ένα τσοκ συγκράτησης στο κέντρο που είναι σε θέση να περιστρέφει το αντικείμενο κατεργασίας και να το μετατρέπει κόβοντας το, όπως έχει προγραμματιστεί και δοθεί εντολή από τον υπολογιστή. Συνήθως, έχουν δύο άξονες. Ο άξονας Z, που είναι η κίνηση κατά μήκος του τσοκ, ελέγχει το μήκος του αντικειμένου εργασίας. Ο άξονας X, που είναι η κίνηση κάθετα στο τσοκ, ελέγχει τη διάμετρο του αντικειμένου κατεργασίας. Αν και είναι δυνατό να υπάρχουν πρόσθετες διαμορφώσεις, αυτή είναι η πιο βασική του μορφή. Τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την κοπή του αντικειμένου εργασίας τροφοδοτούνται σε ευθεία ή γραμμική διαδρομή κατά μήκος του περιστρεφόμενου ή περιστρεφόμενου κορμού της ράβδου. Στη συνέχεια, το μηχάνημα εφαρμόζει μια αφαιρετική μέθοδο, δηλαδή αφαιρεί υλικό γύρω από την περιφέρεια του υλικού μέχρι να επιτευχθεί η επιθυμητή διάμετρος για το προσαρμοσμένο σχέδιο. Δεδομένου ότι το μηχάνημα έχει τη δυνατότητα να περιστρέφει τις πρώτες ύλες, απαιτεί και έχει μικρότερο αριθμό αξόνων για την κίνηση των εργαλείων τους, με αποτέλεσμα τον μικρότερο παράγοντα μορφής τους.



Εικόνα 2.6: Μηχανή τόρνου CNC. [10]

Οι μηχανές τόρνου CNC χρησιμοποιούνται κυρίως για την ικανότητά τους να δημιουργούν εξωτερικά και εσωτερικά χαρακτηριστικά στο αντικείμενο εργασίας, όπως τρύπες, οπές και σπειρώματα. Και είναι παρόμοιες στον τρόπο ελέγχου με τις μηχανές φρεζαρίσματος CNC και μπορούν να διαβάσουν τόσο τον κώδικα G (G-Code) όσο και τις ιδιόκτητες γλώσσες προγραμματισμού.

Μηχάνημα κοπής με λέιζερ CNC

Οι κόφτες λέιζερ CNC μοιάζουν με τους κόφτες πλάσματος CNC στην ικανότητά τους να κόβουν σκληρά υλικά. Ωστόσο, η μηχανή κοπής με λέιζερ CNC χρησιμοποιεί ένα ισχυρό και εξαιρετικά εστιασμένο λέιζερ για να εκτελέσει την εργασία, σε αντίθεση με έναν κόφτη πλάσματος που

Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER

χρησιμοποιεί πλάσμα (ιονισμένο αέριο). Δεδομένου ότι τα λέιζερ έχουν μικρότερο σημείο επαφής και εξάπλωσης σε σύγκριση με τους φακούς, οι μηχανές κοπής με λέιζερ CNC συνήθως παρέχουν υψηλότερο επίπεδο ακρίβειας και καλύτερο φινίρισμα επιφάνειας σε σύγκριση με τους κόφτες πλάσματος CNC.



Εικόνα 2.7: Μηχάνημα κοπής με λέιζερ CNC. [11]

Χρησιμοποιούνται κυρίως για την κοπή πλαστικού, μετάλλων και σκληρού ξύλου. Ανάλογα με την πυκνότητα και την αντοχή των υλικών, η ένταση του λέιζερ μπορεί να τροποποιηθεί για να κόψει εύκολα το υλικό. Στους κόφτες λέιζερ CNC, το σχήμα του υλικού είναι συχνά σε μορφή φύλλου. Η δέσμη λέιζερ στη συνέχεια κινείται πέρα δώθε στο υλικό για να δημιουργήσει μια ακριβή κοπή. Το αποτέλεσμα θέρμανσης του λέιζερ εξατμίζει ή λιώνει το τεμάχιο εργασίας για να δημιουργήσει την ακριβή κοπή.

Οι κόφτες λέιζερ CNC είναι συχνά σε θέση να παράγουν μια ποικιλία σχεδίων σε σύγκριση με άλλες μηχανές κοπής. Συχνά, οι τομές και οι άκρες που παράγονται είναι τόσο ακριβείς και καθαρές που δεν απαιτούν πρόσθετο φινίρισμα. Ως εκ τούτου, οι χαράκτες λέιζερ CNC χρησιμοποιούνται συχνά για την κατασκευή εξαρτημάτων και τη χάραξη εξαρτημάτων μηχανής.

Η επεξεργασία υλικών με λέιζερ χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό σε διακοσμητικά έργα όπως η κατασκευή επιγραφών, η ξυλουργική τέχνη και η χαρακτηριστική σε γυαλί. Η κοπή με λέιζερ CNC επιλέγεται όταν οι ανοχές είναι περιορισμένες και απαιτείται ακριβής απόδοση. Τα λέιζερ όπως το CO₂ και το νεοδύμιο (Nd) με πρόσμειξη ύττριου-αλουμινίου-γρανάτης (Nd:YAG) χρησιμοποιούνται συνήθως σε μηχανές κοπής με λέιζερ CNC.

Μηχάνημα κοπής CNC με υδροβολή (CNC Waterjet)

Οι κοπτήρες υδροβολής CNC, όπως υποδηλώνει το όνομα, χρησιμοποιούν πίδακες νερού υψηλής πίεσης για να κόψουν υλικά. Συνήθως το μηχάνημα κοπής με ψεκασμό νερού (CNC Water-jet Cutting) επιλέγεται όταν το υλικό που πρόκειται να δουλέψει είναι ευαίσθητο στη θερμοκρασία και μπορεί να λιώσει σε υψηλές θερμοκρασίες, όπως πλαστικό και αλουμίνιο.

Αν και αυτά τα μηχανήματα μπορούν να κόψουν μόνο με νερό, συνήθως πρόσθετα λειαντικά υλικά όπως γρανάτης (ορυκτό) ή οξείδιο του αλουμινίου προστίθενται στο νερό για πιο αποτελεσματική κοπή.

Μια μηχανή κοπής με πίδακα νερού CNC κοστίζει περισσότερο από έναν κόφτη πλάσματος με παρόμοιες προδιαγραφές. Αλλά κοστίζει λιγότερο σε σύγκριση με έναν κόφτη λέιζερ CNC με παρόμοιες προδιαγραφές.

Ένα μειονέκτημα ενός κόφτη με πίδακα νερού CNC είναι ότι είναι συνήθως πιο αργός από τους κόφτες πλάσματος CNC και τους κόφτες λέιζερ CNC.



Εικόνα 2.8: Μηχάνημα κοπής CNC Waterjet. [12]

Μηχανές ηλεκτρικής εκκένωσης CNC

Οι μηχανές CNC ηλεκτρικής εκκένωσης (Electrical discharge machining, EDM) ονομάζονται επίσης μηχανές CNC με σπινθήρα. Η διαδικασία σε ένα EDM μπορεί επίσης να ονομαστεί καύση καλωδίων, βύθιση μήτρας, κατεργασία με σπινθήρες ή διάβρωση με σπινθήρα. Χρησιμοποιούν ηλεκτρικούς σπινθήρες που παράγουν υψηλές θερμοκρασίες για τον χειρισμό και τη διαμόρφωση των υλικών στην επιθυμητή μορφή.

Η διαβρωτική επίδραση της ηλεκτρικής εκκένωσης, δηλαδή η ικανότητά της να παραμορφώνει υλικά εκμεταλλεύεται τις μηχανές ηλεκτρικής εκκένωσης CNC. Οι μηχανές CNC παράγουν μια σειρά από ελεγχόμενους σπινθήρες ή επαναλαμβανόμενες ηλεκτρικές εκκενώσεις που παράγουν θερμοκρασίες

Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER

έως και 21.000 βαθμούς Φαρενάιτ για την αναμόρφωση των υλικών. Τα υλικά ή τα τεμάχια εργασίας τοποθετούνται μεταξύ δύο ηλεκτροδίων, του επάνω και του κάτω ηλεκτροδίου.

Με βάση τον κωδικό G, ο υπολογιστής δίνει οδηγίες για την ποσότητα ηλεκτρικής εκφόρτισης που πρέπει να παραχθεί από τα ηλεκτρόδια. Αυτή η διαδικασία δημιουργεί σπινθήρες που καταναλώνουν το υλικό στο τεμάχιο εργασίας σύμφωνα με το σχέδιο. Τα υλικά που καταναλώνονται από τους σπινθήρες ξεπλένονται/πλένονται από ένα διηλεκτρικό υγρό που ολοκληρώνει τη διαδικασία.

Το μηχάνημα ηλεκτρικής εκκένωσης διακρίνεται από την ικανότητά του να δημιουργεί ακριβείς υποδοχές, μικροοπές, γωνίες ή κωνικά χαρακτηριστικά, τα οποία είναι συνήθως δύσκολο να επεξεργαστούν χρησιμοποιώντας παραδοσιακές μεθόδους CNC. Δεδομένου ότι το EDM χρησιμοποιεί σπινθήρες για κοπή αντί για μπιτ ή τελικούς μύλους, η μηχανική κατεργασία είναι χωρίς επαφή. Αυτό βοηθά στην αποφυγή παραμορφώσεων στο τεμάχιο εργασίας, ένα ξεχωριστό πλεονέκτημα όταν εργάζεστε με μικρά λεπτά τεμάχια εργασίας.



Εικόνα 2.9: Μηχάνημα ηλεκτρικής εκκένωσης CNC. [13]

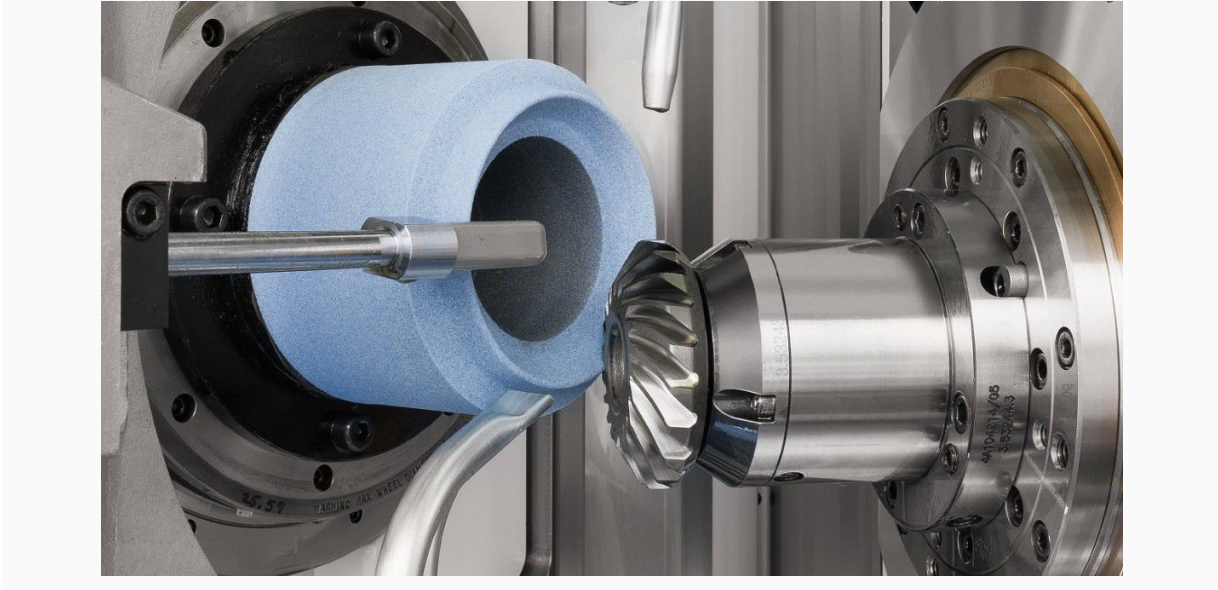
Μύλος CNC

Ένας μύλος CNC χρησιμοποιεί λειαντικά εργαλεία για την εξομάλυνση και το φινίρισμα ενός επεξεργασμένου προϊόντος. Χρησιμοποιούνται συνήθως σε εφαρμογές που απαιτούν εξαιρετικά υψηλή ακρίβεια, όπως η κατεργασία εξαρτημάτων κινητήρα. Γενικά, το προϊόν δημιουργείται πρώτα με μια τραχιά επιφάνεια χρησιμοποιώντας μύλο ή τόρνο CNC και στη συνέχεια μετακινείται στον μύλο CNC για το τελικό φινίρισμα.

Οι μύλοι CNC διατίθενται σε διάφορους τύπους, όπως μύλοι επιφάνειας, μύλοι σε ρολό και κυλινδρικοί μύλοι μεταξύ άλλων. Υπάρχει επίσης μεγάλη ποικιλία στον τύπο του λειαντικού που

Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER

χρησιμοποιείται για λείανση, όπως επιμεταλλωμένο ή υαλοποιημένο CBN, τροχοί λείανσης διαμαντιών, οξειδίο αλουμινίου και τροχοί λείανσης κεραμικών μιγμάτων μεταξύ πολλών άλλων.



Εικόνα 2.10: Μύλος CNC (model Phoenix 800G). [14]

Αυτοί είναι οι πιο συνηθισμένοι τύποι μηχανών CNC που χρησιμοποιούνται σήμερα. Η επιλογή του μηχανήματος εξαρτάται από τον τύπο της εργασίας, την ακρίβεια που απαιτείται για την εργασία και τον διαθέσιμο χρόνο για την ολοκλήρωση της εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ARDUINO

3.1 Το Arduino

Σύμφωνα με τους δημιουργούς του Massimo Banzi και Casey Reas, το Arduino είναι μια πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα που χρησιμοποιείται για την κατασκευή ηλεκτρονικών έργων. Προορίζεται για οποιονδήποτε έχει λίγη προγραμματιστική εμπειρία, στοιχειώδεις γνώσεις ηλεκτρονικών. Το Arduino αποτελείται τόσο από μια φυσική προγραμματιζόμενη πλακέτα κυκλώματος (συχνά αναφέρεται ως μικροελεγκτής) όσο και από ένα κομμάτι λογισμικού ή ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (Integrated Development Environment, IDE) που εκτελείται στον υπολογιστή και χρησιμοποιείται για τη εγγραφή και τη μεταφόρτωση του κώδικα από τον υπολογιστή στη φυσική πλακέτα.

Σε αντίθεση με τις περισσότερες προγραμματιζόμενες πλακέτες κυκλωμάτων, το Arduino δεν χρειάζεται ξεχωριστό κομμάτι υλικού (που ονομάζεται προγραμματιστής) για να φορτώσει νέο κώδικα στην πλακέτα, η επικοινωνία για την εγγραφή και τη μεταφόρτωση του κώδικα γίνεται με ένα καλώδιο USB. Επιπλέον, το ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης Arduino IDE χρησιμοποιεί μια απλοποιημένη έκδοση της C++, διευκολύνοντας την εκμάθηση προγραμματισμού.

3.2 Η χρήση του κώδικα Arduino

Το υλικό και το λογισμικό Arduino σχεδιάστηκε για προγραμματιστές, σχεδιαστές, χάκερ, αρχάριους και οποιονδήποτε ενδιαφέρεται να δημιουργήσει διαδραστικά αντικείμενα ή περιβάλλοντα. Το Arduino μπορεί να αλληλοεπιδράσει με κουμπιά, LED, κινητήρες, ηχεία, μονάδες GPS, κάμερες, το διαδίκτυο, ακόμη και το smartphone κ.α.. Αυτή η ευελιξία σε συνδυασμό με το γεγονός ότι το λογισμικό Arduino είναι δωρεάν, οι πλακέτες υλικού είναι αρκετά φθηνές και τόσο το λογισμικό όσο και το υλικό είναι εύκολο στην εκμάθηση, έχει οδηγήσει σε μια μεγάλη κοινότητα χρηστών που συνεισέφεραν κώδικα και κυκλοφόρησαν οδηγίες για μια τεράστια ποικιλία έργων που βασίζονται σε Arduino.

3.3 Η οικογένεια Arduino

Το Arduino κατασκευάζει πολλές διαφορετικές πλακέτες, η καθεμία με διαφορετικές δυνατότητες. Για να γίνει σωστή επιλογή στη πλακέτα Arduino που θα χρησιμοποιηθεί σε οποιαδήποτε εργασία θα πρέπει να γίνει επιλογή ανάμεσα σε χαρακτηριστικά όπως:

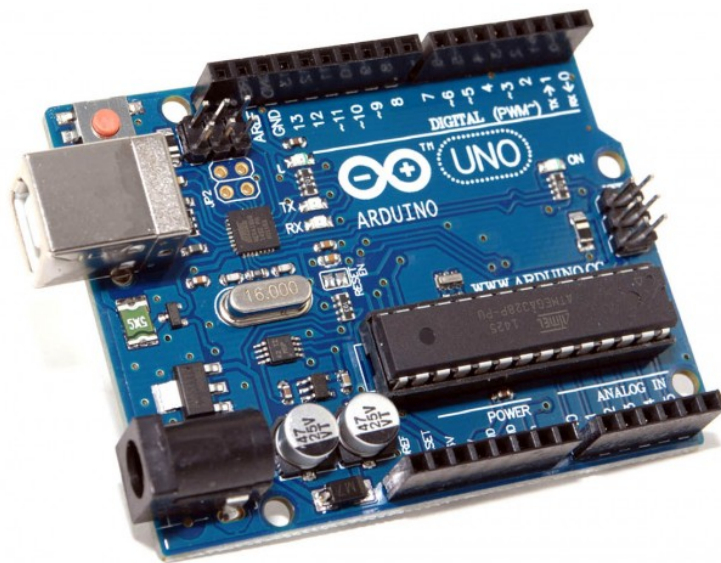
- Την τάση τροφοδοσίας,
- Την ταχύτητα ρολογιού,
- Τον αριθμό θυρών ψηφιακών ή αναλογικών εισόδων και εξόδων
- Την μνήμη Φλας (Flash)
- Την μνήμη τυχαίας προσπέλασης (Random Access Memory, RAM)

Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER

- Την ηλεκτρικά διαγράψιμη προγραμματιζόμενη μνήμη ανάγνωσης (electrically erasable programmable read-only memory, EEPROM)
- Θύρες που υποστηρίζουν διαμόρφωση εύρους παλμών (Pulse Width Modulation, PWM)

3.4 *Arduino Uno (R3)*

Το Arduino Uno είναι μια εξαιρετική επιλογή για την παρούσα εργασία. Έχει όλα τα χρειαστούν σε σχέση με τα υπόλοιπα. Η καρδιά του είναι ο μικροελεγκτής ATmega328. Διαθέτει 14 ψηφιακές εισόδους/εξόδους (από τις οποίες οι 6 μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως έξοδοι διαμόρφωσης εύρους πλάτους (Pulse Width Modulation, PWM), 6 αναλογικές εισόδους, σύνδεση USB, υποδοχή τροφοδοσίας, κουμπί επαναφοράς (reset).



Εικόνα 3.1: Arduino Uno. [15]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

LASER

4.1 Ιστορική αναδρομή του laser

Ο όρος λέιζερ προέρχεται από τη φράση «ενίσχυση φωτός με εξαναγκασμένη εκπομπή ακτινοβολίας», (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, laser).

Η θεωρία για την κατασκευή και την λειτουργία του laser ξεκίνησε στις αρχές του 20ου αιώνα. Συγκεκριμένα το 1917 ο Albert Einstein θέτει τα θεμέλια για την τεχνολογία των laser όταν ανακαλύπτει το φαινόμενο της διεγερμένης εκπομπής (Stimulated Emission), το οποίο είναι το θεμέλιο για τη λειτουργία όλων των laser.

Το 1939 ο Valentin Fabrikant θεωρεί τη χρήση διεγερμένης εκπομπής για την ενίσχυση της ακτινοβολίας.

Αργότερα, το 1950 οι Charles Townes, Nikolay Basov και Alexander Prokhorov αναπτύσσουν την κβαντική θεωρία της διεγερμένης εκπομπής και επιδεικνύουν διεγερμένη εκπομπή μικροκυμάτων. Αργότερα έλαβαν το Νόμπελ Φυσικής για αυτό το πρωτοποριακό έργο.

Το 1959 ο μεταπτυχιακός φοιτητής του Columbia University, Gordon Gould, προτείνει ότι η διεγερμένη εκπομπή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ενίσχυση του φωτός. Περιγράφει έναν οπτικό αντηχείο (optical resonator) που μπορεί να δημιουργήσει μια στενή δέσμη συνεκτικού φωτός και τον αποκαλεί ενισχυτή φωτός με διεγερμένη εκπομπή ακτινοβολίας, (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, laser).

Ωστόσο, η πρώτη υλοποίηση όλων αυτών των ετών θεωρίας έρχεται από τον Theodore Maiman ο οποίος κατασκευάζει το πρώτο λειτουργικό πρωτότυπο laser στα ερευνητικά εργαστήρια Hughes στο Μαλιμπού της Καλιφόρνιας. Αυτό το laser χρησιμοποιεί συνθετικό ρουμπίνι ως ενεργό μέσο και εκπέμπει μια βαθυκόκκινη δέσμη φωτός με μήκος κύματος 694,3 nm. Η πρώτη εφαρμογή για το laser ρουμπίνι ήταν για στρατιωτικούς αποστασιομετρητές και εξακολουθεί να χρησιμοποιείται εμπορικά για τη διάνοιξη σπών σε διαμάντια λόγω της υψηλής ισχύος του.

Το 1963 αναπτύχθηκε από τον Kumar Patel στην AT&T Bell Labs το laser του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Το CO₂ laser έχει πολύ χαμηλότερο κόστος και μεγαλύτερη απόδοση από το ruby laser. Αυτοί οι παράγοντες το έχουν καταστήσει το πιο δημοφιλή βιομηχανικό τύπο laser για περισσότερα από 50 χρόνια.

Τα παρακάτω συστατικά της εικόνας (εικόνα 4.1) ενός ruby laser σε ελληνική μετάφραση είναι ως εξής:

Power Supply: Τροφοδοσία

Switch: Διακόπτης

100% reflective mirror: 100% ανακλαστικός καθρέφτης

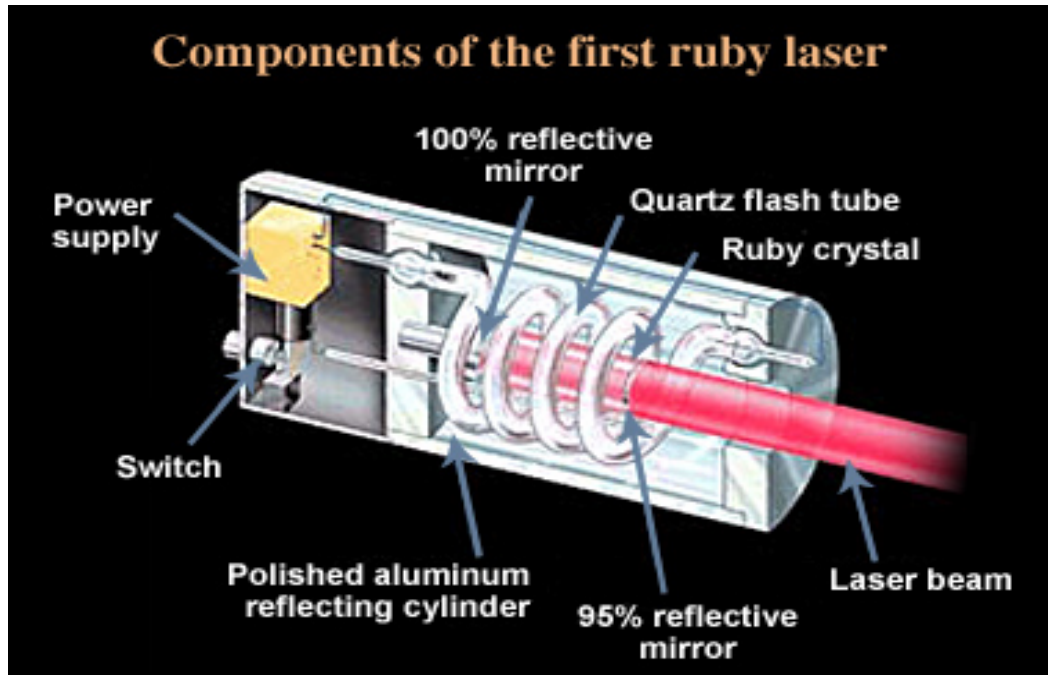
Polished aluminum reflecting cylinder: Γυαλισμένος ανακλαστικός κύλινδρος αλουμινίου

Quartz flash tube: Σωλήνας τύπου χαλαζία για τη χρήση του φλας

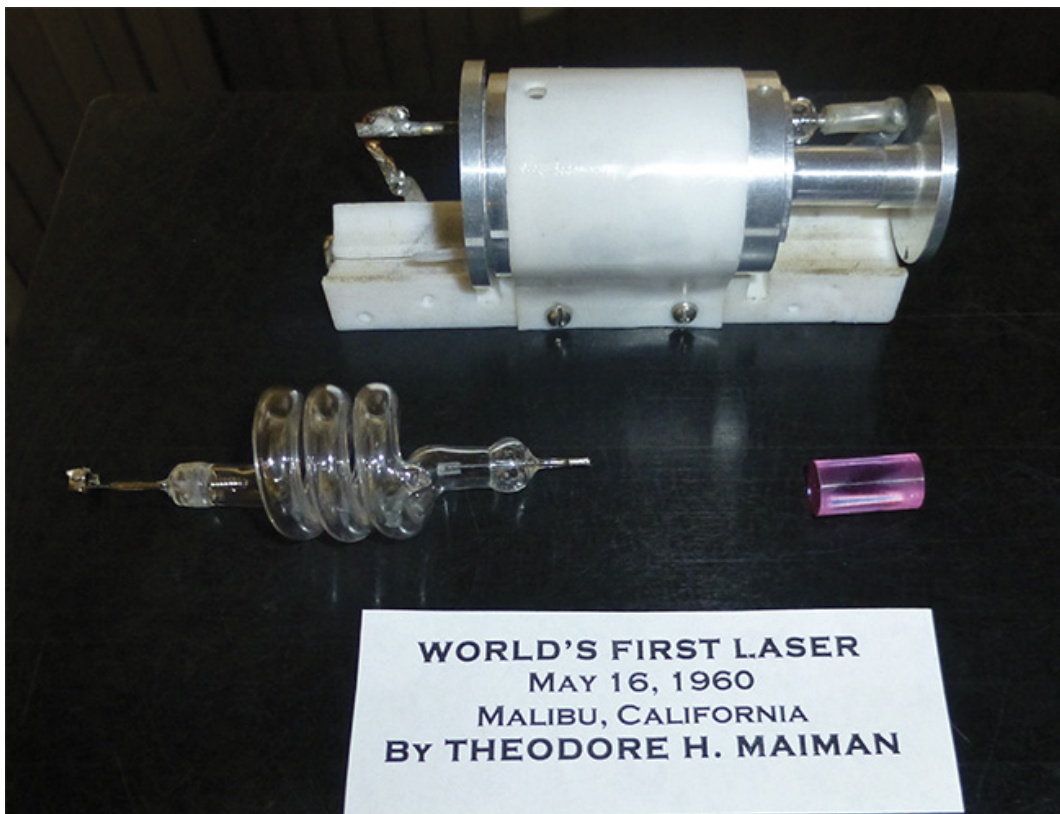
95% reflective mirror: 95% ανακλαστικός καθρέφτης

Ruby crystal: Κρύσταλλο ρουμπίνι

Laser beam: Ακτίνα λέιζερ



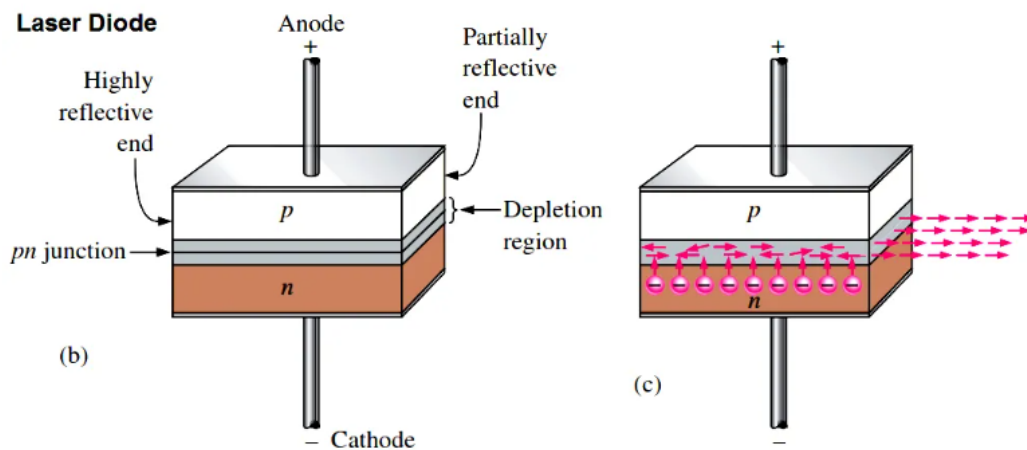
Εικόνα 4.1: Συστατικά του πρώτου ruby laser. [16]



Εικόνα 4.2: Το πρώτο ruby laser στον κόσμο από τον Theodore H. Maiman. [17]

4.2 Δίοδος laser

Το 1962 ανακαλύφθηκε η δίοδος laser από τους Robert N. Hall και Nick Holonyak, Jr., αυτός ο τύπος laser χρησιμοποιείται και στην παρούσα εργασία. Μια δίοδος laser είναι ηλεκτρικά μια δίοδος PIN. Η ενεργή περιοχή της διόδου laser βρίσκεται στην εγγενή περιοχή (I) και οι φορείς (ηλεκτρόνια και οπές) αντλούνται σε αυτήν την περιοχή από τις περιοχές N και P αντίστοιχα. Ενώ η αρχική έρευνα των laser διόδων διεξήχθη σε απλές διόδους P-N, όλα τα σύγχρονα laser χρησιμοποιούν την εφαρμογή διπλής ετεροδομής, όπου οι φορείς και τα φωτόνια περιορίζονται προκειμένου να μεγιστοποιήσουν τις πιθανότητες τους για ανασυνδυασμό και παραγωγή φωτός. Σε αντίθεση με μια κανονική δίοδο, ο στόχος για μια δίοδο laser είναι να ανασυνδυάσει όλους τους φορείς (ηλεκτρόνια και οπές) στην περιοχή I και να παράγει φως. Έτσι, οι δίοδοι laser κατασκευάζονται με χρήση ημιαγωγών άμεσης ζώνης. Η δομή της διόδου laser αναπτύσσεται χρησιμοποιώντας μία από τις τεχνικές ανάπτυξης κρυστάλλων, συνήθως ξεκινώντας από ένα ενισχυμένο στρώμα τύπου-N και μια ενισχυμένη επίστρωση με πρόσμιξη-P και ανάμεσα τους βρίσκεται ένα υλικό άμεσου χάσματος I που εκεί δημιουργείται η φωτεινή δέσμη του laser.

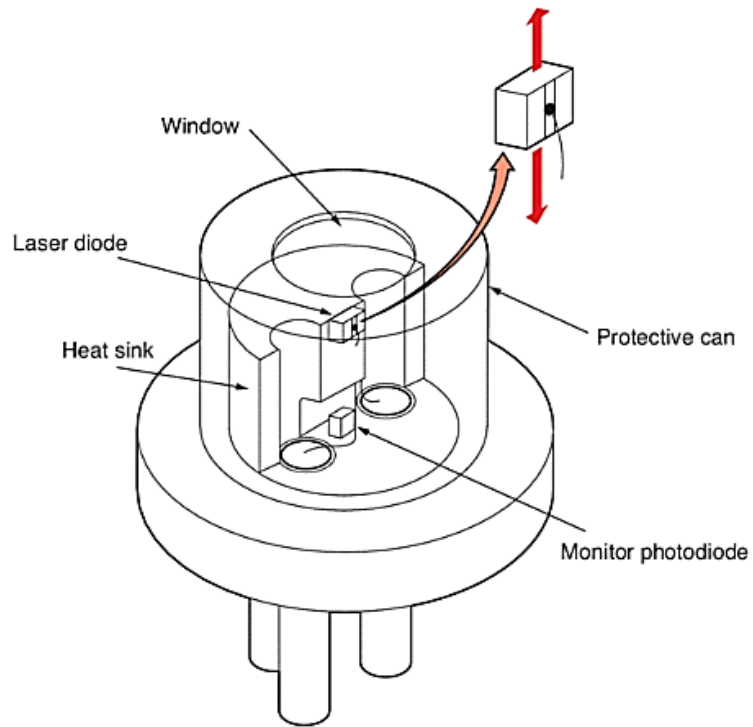


Εικόνα 4.3: Η δίοδος laser στη θεωρία εσωτερικά. [18]

4.3 Κατάλληλος τύπος laser για χάραξη-κάψιμο

Οι μοβ και μπλε δίοδοι laser στα μήκη κύματος 405 nm, 445 nm ή 450 nm είναι ιδανικές για κεφαλές laser που χρησιμοποιούνται για χάραξη, κάψιμο και κοπή υλικών. Το φως μικρού μήκους κύματος απορροφάτε έντονα από πολλά υλικά, έχει χαρακτηριστικά χαμηλής έντασης που προκύπτουν από μια τυπικά στενή δομή κυματοδηγού για εξαιρετικά συγκεντρωμένες πυκνότητες ισχύος, είναι υψηλής ισχύος (έως και άνω των 6 W κατά τη στιγμή της γραφής), σχετικά αδιαπέραστο σε θερμοκρασία και έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής. Το πιο κοινό laser την συγκεκριμένη εργασία είναι ένα laser δίοδου ημιαγωγών 405 nm. Αυτός ο τύπος μήκους κύματος χρησιμοποιείται περισσότερο από οποιονδήποτε άλλο στην μπλε περιοχή. Ωστόσο, σε σχέση με τις κόκκινες διόδους laser, οι μπλε συσκευές 405 nm είναι πιο ακριβές και πιο δύσκολο να αγοραστούν. Τα υλικά περιλαμβάνουν νιτρίδιο γαλλίου ή νιτρίδιο γαλλίου ινδίου.

Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER



Εικόνα 4.4: Η δίοδος laser σε πραγματική μορφή εσωτερικά. [19]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

ΒΑΣΙΚΑ ΜΕΡΗ - HARDWARE ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

5.1 Τροφοδοσία

Ένα τροφοδοτικό δεν συγχέεται με μια πηγή ρεύματος. Η πηγή είναι η προέλευση της εισερχόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η πηγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι μια πρίζα, μια μπαταρία ή μια γεννήτρια. Το τροφοδοτικό λειτουργεί για να μετατρέψει την τάση από την πηγή, που στην παρούσα εργασία είναι η πρίζα στην επιθυμητή μορφή ρεύματος, συνεχές ή εναλλασσόμενο.

Τα τροφοδοτικά διαθέτουν βασικές λειτουργίες που βρίσκονται σε όλα τα μοντέλα με πρόσθετες λειτουργίες που προστίθενται ανάλογα με τον τύπο της συσκευής. Τα τροφοδοτικά μπορεί να χρειαστεί να αλλάξουν την τάση προς τα πάνω ή προς τα κάτω, να μετατρέψουν την ισχύ σε συνεχές ρεύμα ή να ρυθμίσουν την ισχύ για ομαλότερη τάση εξόδου.

5.2 Κύκλωμα τροφοδοσίας

Το κύκλωμα ενός τροφοδοτικού χρησιμοποιείται σε διάφορες ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές. Τα κυκλώματα τροφοδοσίας ταξινομούνται σε διαφορετικούς τύπους με βάση την ισχύ που χρησιμοποιούν για την παροχή κυκλωμάτων ή συσκευών. Για παράδειγμα, τα κυκλώματα που βασίζονται σε μικροελεγκτή είναι γενικά τα κυκλώματα ρυθμιζόμενης τροφοδοσίας 5V DC, τα οποία μπορούν να σχεδιαστούν με τη βοήθεια διαφορετικής μεθόδου για την αλλαγή της ισχύος από 230V AC σε 5V DC.

Το κύκλωμα τροφοδοσίας των 230V AC σε 12V DC συνοπτικά .

Ένας μετασχηματιστής με βήμα προς τα κάτω μετατρέπει το AC 230V σε 12v.

Ο ανορθωτής γέφυρας χρησιμοποιείται για την αλλαγή AC σε DC

Ένας πυκνωτής χρησιμοποιείται για να φιλτράρει τους κυματισμούς AC και δίνει στον ρυθμιστή τάσης.

Τέλος, ο ρυθμιστής τάσης ρυθμίζει την τάση στα 12 V και τέλος, χρησιμοποιείται μια δίοδος αποκλεισμού για τη λήψη της παλμικής κυματομορφής.

5.3 Παλμοτροφοδοτικό (Switched Mode Power Supply SMPS)

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιείται παλμοτροφοδοτικό (Switched Mode Power Supply SMPS) είναι ένας τύπος τροφοδοσίας που χρησιμοποιεί διαμόρφωση εύρους παλμών PWM (Pulse Width Modulation), δηλαδή η τάση εξόδου του τροφοδοτικού μεταβάλλεται μέσω της αλλαγής συχνότητας.

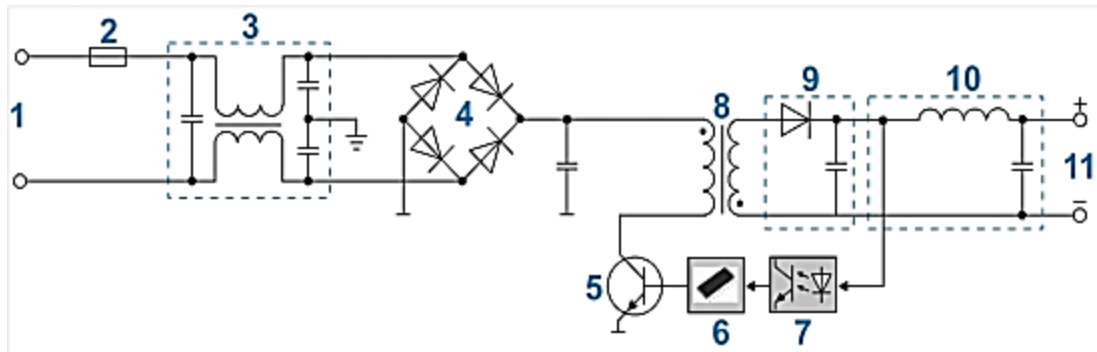
Το πλεονέκτημά τους σε σχέση με τα γραμμικά τροφοδοτικά είναι:

Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER

- Οι μικρές τους διαστάσεις
- Το χαμηλό τους βάρος
- Η υψηλή αποδοτικότητα και δυναμικότητά

Το μειονέκτημα τους:

- Η πολύπλοκη κατασκευή τους
- Το πολύ μεγαλύτερο επίπεδο παρεμβολών που δημιουργείται από το τροφοδοτικό
- Το αυξημένο επίπεδο παρεμβολών στην έξοδο.



Εικόνα 5.1: Κύκλωμα ενός παλμοτροφοδοτικού. [20]

Ο κύριος λόγος που τα παλμοτροφοδοτικά σε σχέση με τα γραμμικά τροφοδοτικά έχουν πολύ ελαφρύτερο βάρος είναι στον μετασχηματιστή. Στα γραμμικά τροφοδοτικά η τάση εισόδου του δικτύου 230V AC πάει απευθείας στον μετασχηματιστή και για να γίνει αυτή η πτώση τάσης από 230V AC σε 12V AC χρειάζεται περισσότερες σπείρες και χαλκός.

Στα παλμοτροφοδοτικά όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα η διαδικασία μετατροπής της τάσης περιγράφεται συνοπτικά ως εξής:

Στην είσοδο έρχεται η τάση του δικτύου, η οποία διέρχεται μέσα από ένα φίλτρο αρμονικών LC το οποίο είναι σημαντικό, διότι προστατεύει το δίκτυο από τυχόν παρεμβολές που δημιουργούνται από το τροφοδοτικό, καθώς και το αντίστροφο.

Στη συνέχεια η εναλλασσόμενη τάση AC ανορθώνεται με το κύκλωμα της γέφυρας διόδων, μετά την ανόρθωση προκύπτει μια συνεχή τάση η οποία με τη βοήθεια ενός τρανζίστορ που ελέγχεται μέσω ενός κυκλώματος ανάδρασης το οποίο αποτελείται από έναν οπτοζεύκτη και μιας παλμογεννήτριας που είναι στην ουσία σε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα δημιουργείται μια διακοπτόμενη τάση. Η τάση με τετραγωνικό κύμα στην έξοδο του μετασχηματιστή ανορθώνεται και στη συνέχεια περνάει από ένα φίλτρο εξόδου, το οποίο θα πρέπει να κόψει τις υψηλότερες συχνότητες και τις παρεμβολές που δημιουργούνται από την λειτουργία του κυκλώματος. Στην έξοδο του παλμοτροφοδοτικού έχουμε πλέον μία σταθεροποιημένη συνεχή τάση.

Μια σημαντική παράμετρος που πρέπει να ληφθεί υπόψη, επιλέγοντας ένα παλμοτροφοδοτικό είναι η Απόδοση (Efficiency). Απόδοση ονομάζεται ο λόγος της ισχύος εξόδου συνεχούς ρεύματος προς την ισχύ εισόδου του εναλλασσόμενου ρεύματος και εκφράζεται ως ποσοστό (η). Όπως σε όλα τα κυκλώματα ισχύος ένα μέρος της καταναλωμένης ισχύος οφείλεται σε απώλεια. Όσο υψηλότερη είναι η απόδοση, τόσο χαμηλότερη είναι η απώλεια ενέργειας, ως εκ τούτου το κύκλωμα του τροφοδοτικού να έχει χαμηλότερη θερμοκρασία οπότε υπάρχει καλύτερη αξιοπιστία και περισσότερη διάρκεια ζωής

Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER

του τροφοδοτικού. Τα περισσότερα παλμοτροφοδοτικά φτάνουν σε απόδοση στο 90% σε αντίθεση με τα γραμμικά τα οποία η απόδοσή τους δεν ξεπερνά το 50%. Η κατωτέρω συνάρτηση περιγράφει την επί τοις εκατό Απόδοση (Efficiency). [21]

$$n = \frac{P_{out}}{P_{in}} 100\%$$

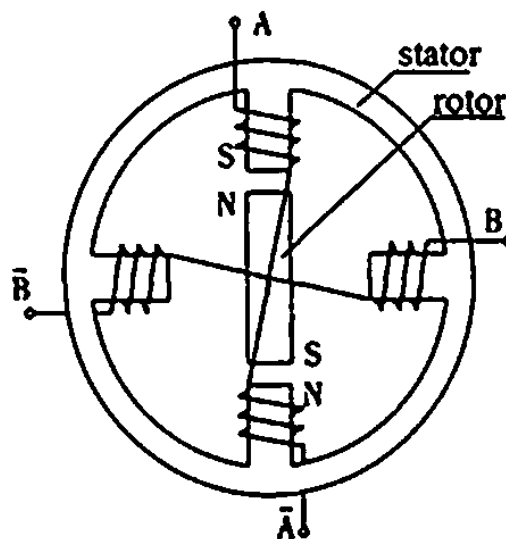
Όπου:

P_{out} – ισχύς εξόδου

P_{in} – ισχύς εισόδου

5.4 Αρχή των βηματικών κινητήρων – Stepper Motor

Ένας βηματικός κινητήρας είναι ένα ηλεκτρομηχανικό σύστημα που μετατρέπει ένα ηλεκτρικό σήμα σε μηχανικό. Έχει σχεδιαστεί για να κινείται με διακριτή κίνηση. Οι βηματικοί κινητήρες είναι κινητήρες συνεχούς ρεύματος που κινούνται σε διακριτά βήματα. Αποτελείται από πολλαπλά πηνία διαμορφωμένα σε ομάδες οι οποίες ονομάζονται φάσεις, και από τον κεντρικό άξονα τον ρότορα. Η κίνηση επιτυγχάνεται τροφοδοτώντας κάθε ομάδα πηνίων, φάση, με τη σειρά δημιουργείται μαγνητικό πεδίο και ο μαγνήτης στον ρότορα διεγείρεται και ο κινητήρας θα περιστρέφεται ένα βήμα τη φορά.



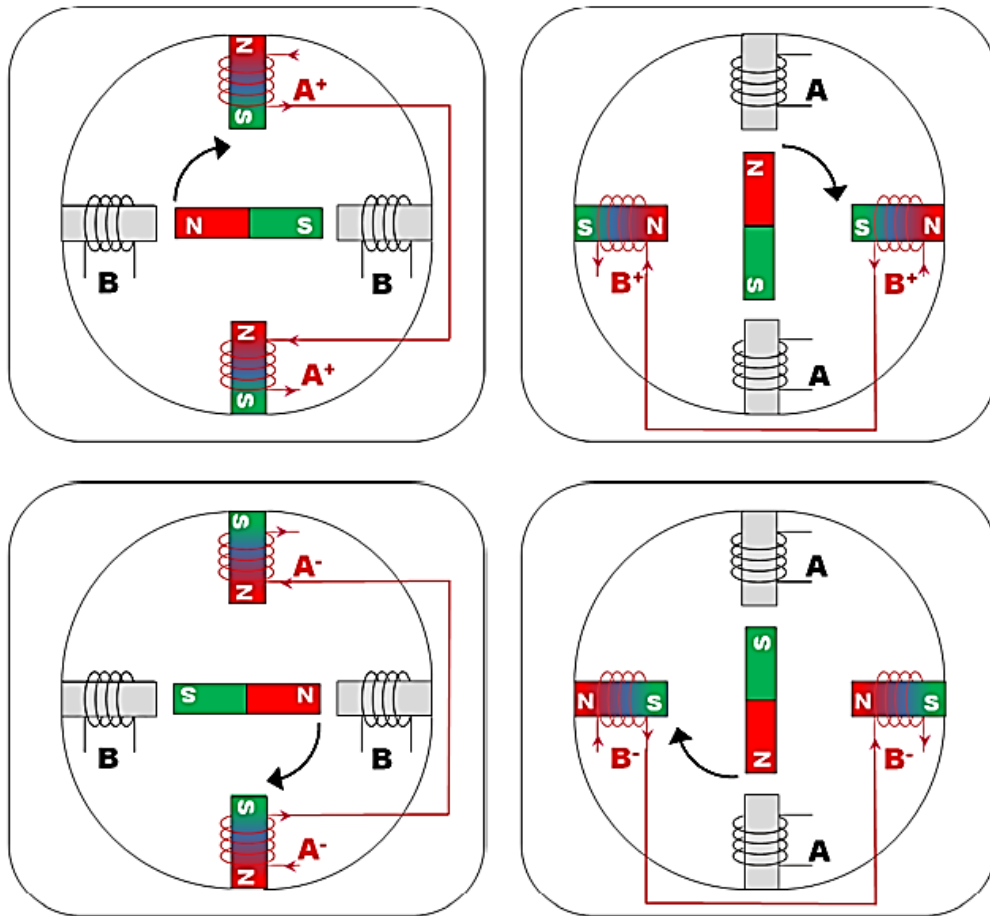
Εικόνα 5.2: Εσωτερικά ένα stepper motor 2 φάσεων με 4 ακροδέκτες. [22]

5.5 Πώς λειτουργεί ένας βηματικός κινητήρας.

Για να υπάρξει μια πλήρης περιστροφή ενός βηματικού μοτέρ 2 φάσεων θα χρειαστούν 4 διαφορετικές πολώσεις. Καθώς τροφοδοτείται ένα πηνίο, δημιουργείται ένα μαγνητικό πεδίο και έλκει τον βόρειο ή τον νότιο πόλο του μαγνήτη στον ρότορα, ανάλογα με την πολικότητα του

Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER

ενεργοποιημένου πηνίου. Τροφοδοτώντας εναλλακτικά και με διαφορετική πολικότητα όπως φαίνεται και στις παρακάτω εικόνες, τα άλλα πηνία θα είναι δυνατή η περιστροφή του ρότορα.

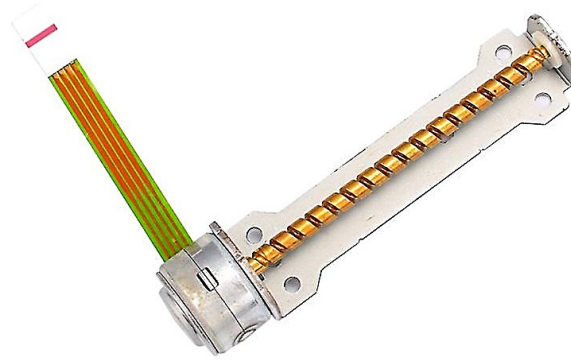


Εικόνα 5.3: Εσωτερικά ένα stepper motor 2 φάσεων με 4 ακροδέκτες σε πλήρη κίνηση. [23]

Step	Phase A		Phase B	
	Pin 1	Pin 2	Pin 3	Pin 4
1	+	-		
2			+	-
3	-	+		
4			-	+

Εικόνα 5.4: Φάσεις τροφοδοσίας του stepper motor 2 φάσεων για μια πλήρη κίνηση. [24]

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιούνται δύο από τα παρακάτω βηματικά μοτέρ 2 φάσεων τα οποία υπάρχουν στα CD-DVD drives ενός υπολογιστή. Η λειτουργία τους είναι η ίδια με αυτή που περιγράψαμε παραπάνω.



Εικόνα 5.5: Γραμμικό βηματικό μοτέρ 2 φάσεων. [25]

5.6 Κύκλωμα οδήγησης των βηματικών κινητήρων

Για να μπορέσει ένας βηματικός κινητήρας να λειτουργήσει θα πρέπει το ρεύμα το οποίο θα καταναλώσει να είναι εφικτό από το κύκλωμα οδήγησης να το υποστηρίξει. Στην παρούσα εργασία οι παλμοί κίνησης των κινητήρων προέρχονται από τις ψηφιακές εξόδους του Arduino Uno, από τις οποίες το μέγιστο ρεύμα που μπορεί να υποστηρίξει κάθε μια έξοδος ξεχωριστά είναι 20mA, το οποίο δεν είναι αρκετό για την ομαλή λειτουργία του συστήματος. Το ρεύμα λειτουργίας για το κάθε ένα πηνίο ενός βηματικού κινητήρα όπως προκύπτει από το datasheet της εταιρείας είναι 500mA.

■ Reference Characteristics

Motor Size	PL15S-020
Number of Steps per Rotation	20
Drive Method	2-2 PHASE
Drive Circuit	BIPOLAR CONST. VOLT.
Drive Voltage	5[V]
Coil Resistance/Phase	10[Ω]
Magnet Material	Nd-Fe-B bonded magnet (MS70)
Holding Torque	30[X10 ⁻⁴ N.m]
Maximum PULL-IN Frequency	1450[PPS]

Εικόνα 5.6: Χαρακτηριστικά Stepper Motor από Datasheet. [D.1]

STORE		PRODUCTS ▾	WINTER SALES	
Overview	Tech Specs	Documentation	Conformities	Faqs

Tech specs

Microcontroller	ATmega328P
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
PWM Digital I/O Pins	6
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	20 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328P) of which 0.5 KB used by bootloader

Εικόνα 5.7: Χαρακτηριστικά Arduino Uno στο οποίο φαίνεται το ρεύμα εξόδου των Pin out. [D.2]

Για τον παραπάνω λόγο θα χρησιμοποιηθούν 2 ολοκληρωμένα κυκλώματα οδήγησης L293D για την οδήγηση των βηματικών κινητήρων του άξονα X και του άξονα Y, ένα για την κίνηση του κάθε άξονα. Το κάθε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα από αυτά αποτελείται από 2 κανάλια διάταξης Η-γέφυρας (H-bridge) τρανζίστορ, ένα για κάθε πηνίο ενός βηματικού κινητήρα. Με αυτόν τον τρόπο το ρεύμα με το οποίο θα λειτουργήσουν οι κινητήρες θα περάσει μέσα από τα τρανζίστορ του κυκλώματος του L293D. Όπως φαίνεται στο datasheet επιτρέπει μέγιστο ρεύμα κορυφής 1,2A για 100μs χρονικής λειτουργίας και 600mA συνεχούς λειτουργίας.

- 600mA OUTPUT CURRENT CAPABILITY PER CHANNEL
- 1.2A PEAK OUTPUT CURRENT (non repetitive) PER CHANNEL
- ENABLE FACILITY
- OVERTEMPERATURE PROTECTION
- LOGICAL "0" INPUT VOLTAGE UP TO 1.5 V (HIGH NOISE IMMUNITY)
- INTERNAL CLAMP DIODES

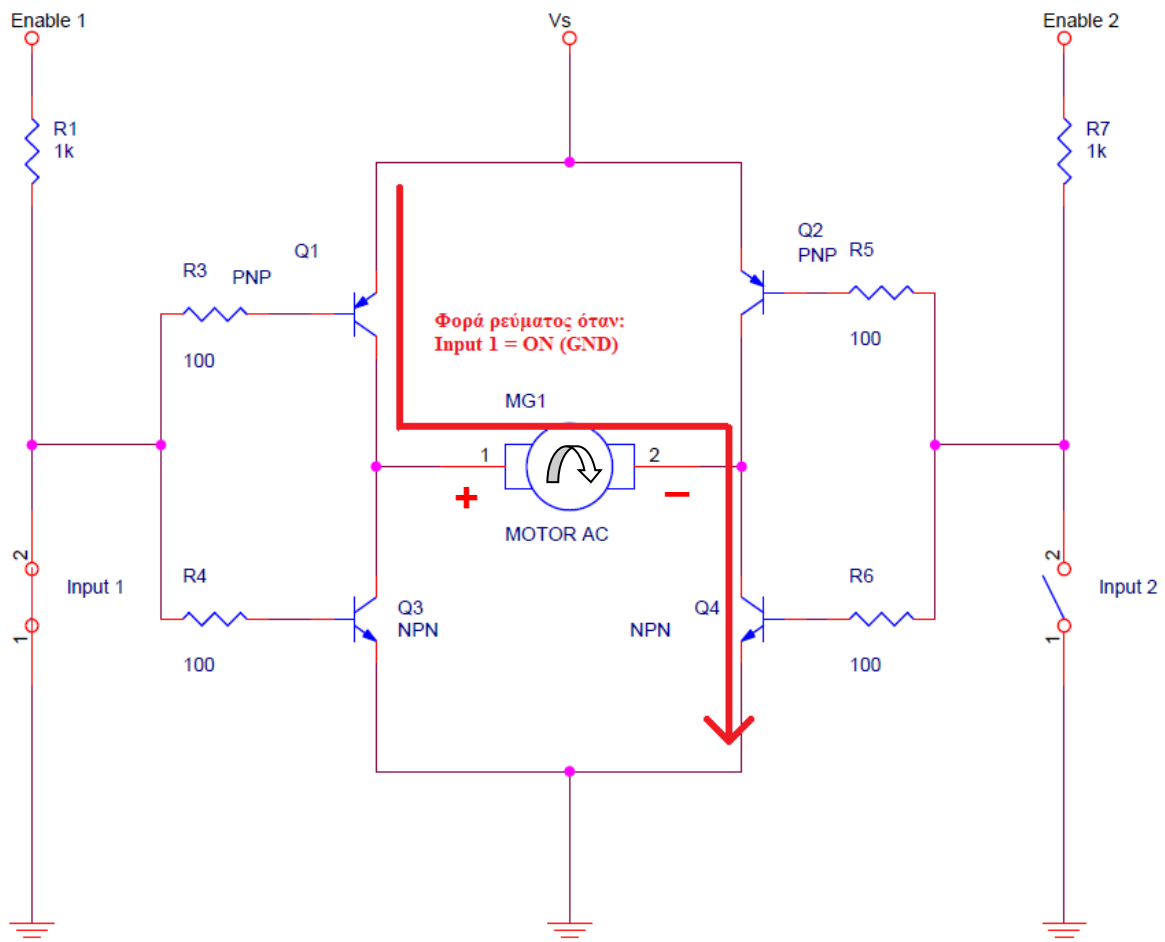
Εικόνα 5.8: Χαρακτηριστικά L293D στο οποίο φαίνεται το μέγιστο ρεύμα εξόδου ανά κανάλι. [D.3]

Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER

Για να γίνει κατανοητή η λειτουργία του κυκλώματος οδήγησης ενός βηματικού κινητήρα με το ολοκληρωμένο κύκλωμα L293D, γίνεται με την βοήθεια του παρακάτω κυκλώματος από φυσικά στοιχεία το οποίο σχεδιάστηκε με το σχεδιαστικό πρόγραμμα προσομοίωσης PSpice. Σχεδιάστηκε ένα ισοδύναμο κύκλωμα από διάταξη push pull τρανζίστορ στο οποίο περιγράφεται η λειτουργία για την μια φάση του κινητήρα.

Για να άγουν τα τρανζίστορ στην πρώτη περίπτωση Q1 και Q4 πρέπει ο διακόπτης input 1 να είναι κλειστός και ο input 2 να είναι ανοιχτός και εναλλάξ για να άγουν στην δεύτερη περίπτωση τα τρανζίστορ Q2 και Q3 πρέπει ο διακόπτης input 2 να είναι κλειστός και ο input 1 να είναι ανοιχτός. Και στις δυο περιπτώσεις πρέπει η τάση των βάσεων των τρανζίστορ να είναι τουλάχιστον 0,7V μικρότερη από την τάση του εκπομπού στο V_S , γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιείτε διαιρέτης τάσης με αντιστάσεις.

Όταν ο διακόπτης στην είσοδο 1 είναι κλειστός και ο διακόπτης στην είσοδο 2 είναι ανοιχτός, τα τρανζίστορ Q1 και Q4 άγουν, επιτρέποντας τη ροή του ρεύματος μέσα από αυτά. Οπότε το πηνίο του κινητήρα που είναι συνδεδεμένο στην έξοδο 1 και 2 αρχίζει να διαρρέεται από ρεύμα οπότε ο κινητήρας περιστρέφεται. Ένα τρανζίστορ PNP και ένα τρανζίστορ NPN ενεργοποιούνται όταν μια είσοδος είναι κλειστή και μια άλλη ανοιχτή.



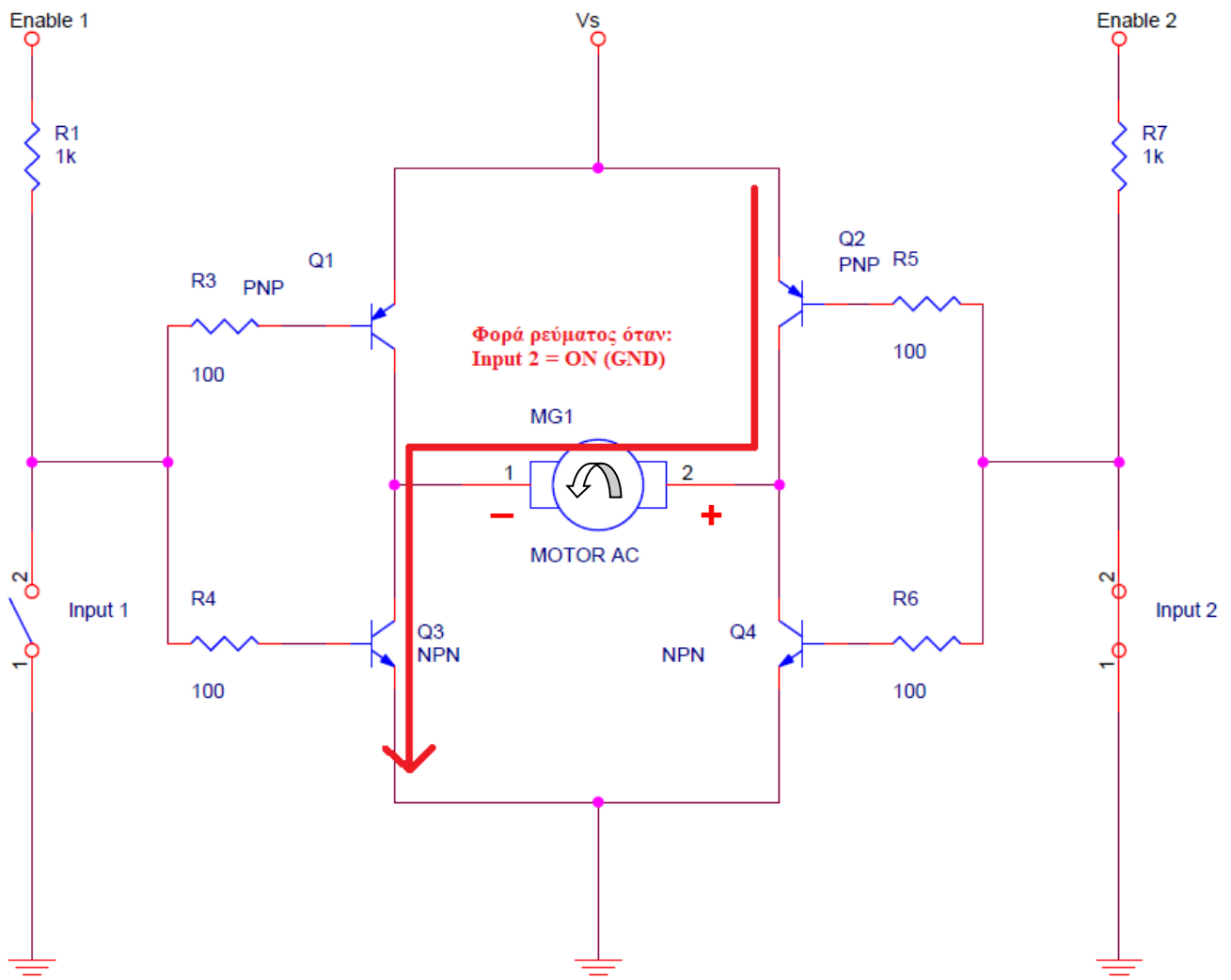
Εικόνα 5.9: Κύκλωμα οδήγησης με transistors NPN - PNP για την οδήγηση του βηματικού κινητήρα. [Κ.1]

Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER

Για την αντίθετη κίνηση του βηματικού κινητήρα όπως φαίνεται στο κύκλωμα παρακάτω θα πρέπει, ο διακόπτης στην είσοδο 1 να είναι ανοιχτός και ο διακόπτης στην είσοδο 2 να είναι κλειστός, τα τρανζίστορ Q2 και Q3 άγουν οπότε είναι σε λειτουργία. Το ρεύμα αρχίζει να ρέει μέσω αυτής της διαδρομής και ο κινητήρας αρχίζει να κινείται προς την αντίστροφη φορά. Το Enable εξακολουθεί να είναι σε υψηλό δυναμικό και ίσο με την τάση τροφοδοσίας V_s .

Εάν οι διακόπτες στις εισόδους 1 και 2 είναι ταυτόχρονα ανοιχτοί ή κλειστοί στο ρεύμα, ο κινητήρας δεν θα περιστραφεί. Το Enable ελέγχει ολόκληρο το κύκλωμα.

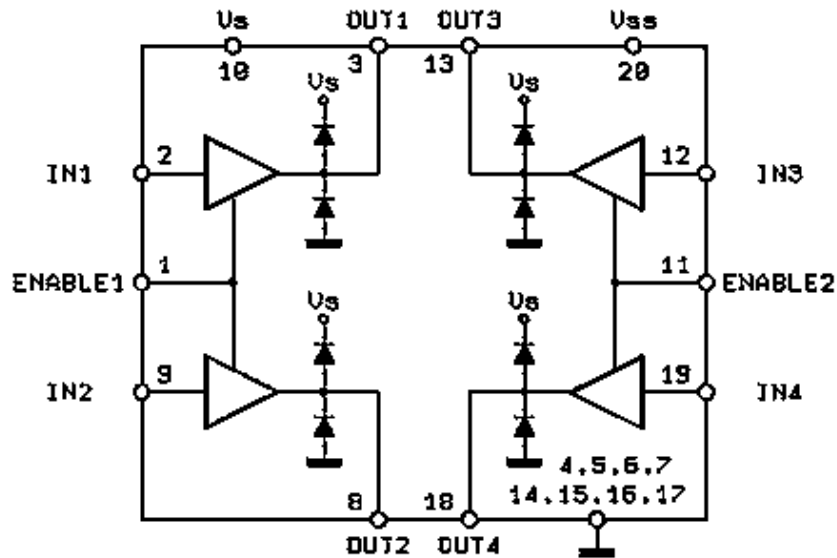
Ένα σήμα διαμορφωμένου πλάτους παλμού (pulse width modulation, PWM) μπορεί να εφαρμοστεί στους ακροδέκτες εισόδου για τον έλεγχο της ταχύτητας του κινητήρα. Το pin ενεργοποίησης (enable) μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο της ταχύτητας περιστροφής του κινητήρα. Ενεργοποιώντας και απενεργοποιώντας τον ακροδέκτη ενεργοποίησης (enable), ένα σήμα διαμορφωμένου πλάτους παλμού (PWM) μπορεί να μειώνει ή να αυξάνει την ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα.



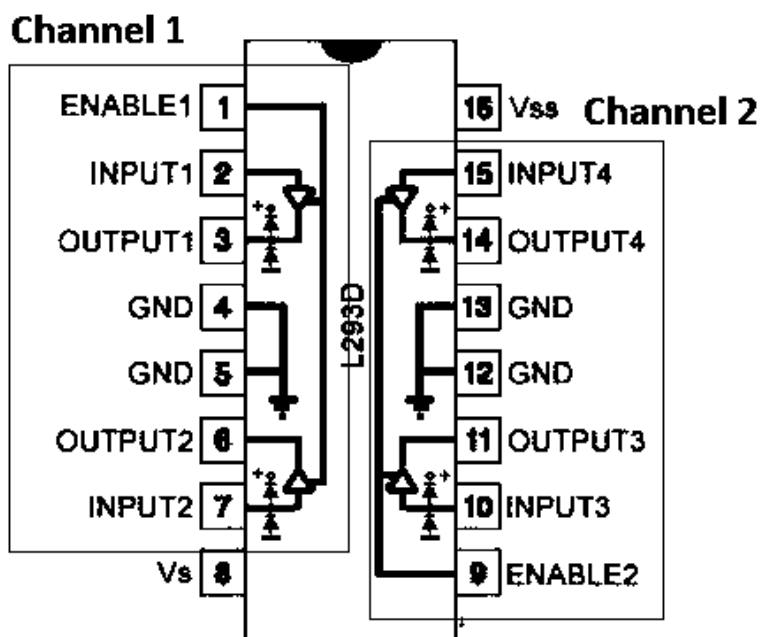
Εικόνα 5.10: Κύκλωμα οδήγησης με transistors NPN - PNP για την οδήγηση του βηματικού κινητήρα. [Κ.2]

Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER

Παρακάτω επισυνάπτεται το εσωτερικό διάγραμμα του κυκλώματος του L293D. Διαθέτει τέσσερις εισόδους στα pin (2, 7, 10, 15) στις οποίες εφαρμόζονται τα σήματα ελέγχου από το arduino υπο, τέσσερις εξόδους στα pin (3, 6, 11, 14) οι οποίες συνδέονται στις 2 φάσης του κινητήρα, τα pin (3, 6) στην φάση A του βηματικού κινητήρα και τα pin (11, 14) στην φάση B.



Εικόνα 5.11: Το εσωτερικό κύκλωμα οδήγησης του L293D της ST Microelectronics. [D.3]



Εικόνα 5.12: Το εσωτερικό διάγραμμα κυκλώματος του L293D της ST Microelectronics. [D.3]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

6.1 Τρόπος λειτουργίας της παρούσης εργασίας

Το CNC μας θα λειτουργεί με τον εξής τρόπο. Ο χρήστης θα σχεδιάζει το επιθυμητό αντικείμενο σε κάποιο σχεδιαστικό πρόγραμμα με τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή (Computer Aided Design, CAD) στον υπολογιστή. Αφού δημιουργηθεί ο κώδικας σε γλώσσα μηχανής, G-code, μεταφέρεται στην πλακέτα Arduino με τη χρήση του ενιαίου σειριακού διαύλου (Universal Serial Bus, USB) του υπολογιστή. Αρχικά θα γίνεται στην μηχανή CNC αναφορά σε όλους τους άξονες έτσι ώστε να μηδενίσουν οι μετρικές μονάδες των αξόνων. Στη συνέχεια θα τοποθετείται το επιθυμητό υλικό για επεξεργασία στον πάγκο κατεργασίας της μηχανής και θα προσδένεται σταθερά στον πάγκο με τους σφικτήρες πρόσδεσης. Έπειτα ο χρήστης θα προσαρμόζει την εστίαση (focus) του εργαλείου κατεργασίας που είναι το laser, και θα παίρνει χειροκίνητα αναφορά του αντικειμένου και στους τρεις άξονες, για να αποκτήσει το πρόγραμμα εικόνα για το αντικείμενο που έχει προς κατεργασία. Τέλος, ο χρήστης θα εισάγει τις συντεταγμένες αναφοράς στο πρόγραμμα και αφού τρέξει το πρόγραμμα θα έχει έτοιμο το επιθυμητό αντικείμενο. Η διαδικασία λειτουργίας της κατασκευής μας δεν διαφέρει από τις συνηθισμένες διεργασίες λειτουργίας μηχανών CNC.

6.2 Δυνατότητες κατεργασίας

Η κατασκευή μας θα έχει την δυνατότητα να σχεδιάσει διάφορα σχέδια, εικόνες ή και να χαράζει - κάψει σε διάφορες γραμματοσειρές. Διάφορα υλικά όπως το ξύλο μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Η κάθε κατεργασία εξαρτάται από το πρόγραμμα που έχει δημιουργηθεί και από το υλικό που έχει επιλεγεί για να δημιουργηθεί. Οι διαστάσεις X και Y και η μορφολογία του αντικειμένου προς κατεργασία, θα πρέπει να είναι τέτοιες έτσι ώστε να μπορεί να προσδεθεί στο τραπέζι κατεργασίας. Για την διάσταση Z, υπάρχουν δυο καταστάσεις που εξαρτώνται από τον κώδικα, οι οποίες επηρεάζονται από το σχέδιο που έχει επιλεγεί, αυτές είναι για το αν θα σταλεί υψηλό ή χαμηλό δυναμικό από το κύκλωμα στο laser (High or Low) δηλαδή για το πότε πρέπει να κάψει το υλικό μας και η άλλη για την ισχύ που θα το επεξεργαστεί.

6.3 Πρακτικότητα

Η πρακτικότητα της κατασκευής μας κρίνεται επιτακτική. Όπως αναφέραμε παραπάνω, θέλουμε το CNC laser να είναι μικρό στις εξωτερικές του διαστάσεις, να μπορεί εύκολα να μεταφερθεί και να είναι εύκολο στην χρήση του. Σκοπός μας είναι να γίνονται γρήγορες κατεργασίες μικρών και απλών σχεδίων και κειμένων με μεγάλη δυνατότητα ακρίβειας. Η κατασκευή μας θέλουμε να έχει την δυνατότητα ευρείας χρήσης από πολλούς χρήστες χωρίς περιοριστικούς όρους. Να μπορεί να αξιοποιηθεί σε δίκτυο υπολογιστών και να λειτουργεί είτε σε παραγωγική διαδικασία είτε για

εκπαιδευτικούς σκοπούς. Κατασκευαστικά, τα μέρη και τα εξαρτήματα συναρμολόγησης να μπορούν να προσφέρουν την δυνατότητα παρατήρησης της λειτουργίας και της κατεργασίας.

6.4 Εργαλείο κατεργασίας

Το εργαλείο μας, που στην παρούσα εργασία είναι το laser, θα πρέπει να έχει την δυνατότητα ρύθμισης της εστίασης και της έντασης του φωτός του, να είναι ανθεκτικό και στιβαρό κατά την λειτουργία του και να μπορεί εύκολα ο χειριστής του να το αλλάξει σε περίπτωση που χρειαστεί. Οι μικρές διαστάσεις και η εύκολη προσαρμογή του στον σκελετό της κατασκευής μας αποτελούν επίσης κριτήρια επιλογής.

6.5 Χαρακτηριστικά κεντρικής μονάδας Η/Υ

Για την λειτουργία μιας απλής μηχανής CNC μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε συμβατικό ηλεκτρονικό υπολογιστή (desktop) ή (laptop). Η επιλογή του υπολογιστή όμως πρέπει να γίνεται με βάση τα χαρακτηριστικά του (κεντρικός επεξεργαστής, μνήμη RAM, κάρτα γραφικών) τα οποία θα πρέπει να μπορούν να ανταπεξέλθουν στις απαιτήσεις των προγραμμάτων CAD και όχι μόνο.

6.6 Εγκατάσταση Λογισμικού

Για την εγκατάσταση του λογισμικού προτείνεται ένα από αυτά της εταιρίας Microsoft λόγω της ευκολίας χρήσης του περιβάλλοντος των Windows 7, 8 ή 10. Μπορούμε κάλλιστα να χρησιμοποιήσουμε λογισμικό βασισμένο σε άλλη γλώσσα, όμως θα πρέπει να εγκαταστήσουμε είτε μία ψηφιακή μηχανή (VMware ή Virtualbox) είτε να εγκαταστήσουμε τα προγράμματα για το ανάλογο λογισμικό. Υπάρχουν διάφορες εκδόσεις ανάλογα με αυτά που δίνει η κάθε εταιρία.

6.7 Μέτρα προστασίας

Απαραίτητη προϋπόθεση για την λειτουργία της κατασκευής είναι να φοράμε γυαλιά με προστασία με μήκους κύματος 200nm-1400nm, για το λόγο αυτό προμηθευτήκαμε γυαλιά προστασίας με πολυκαρβονικούς φακούς νατρίου με πιστοποιητικό ασφαλείας: EN166 F



Εικόνα 6.1: Γυαλιά Προστασίας. [26]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο

ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

7.1 Εισαγωγή

Τα εξαρτήματα και τα υλικά κατασκευής επιλέχτηκαν μετά από σχεδιασμό και μελέτη της εργασίας. Σημαντικός παράγοντας ήταν το κόστος των εξαρτημάτων, τα 2/4 των εξαρτημάτων είναι από υλικά και συσκευές που ήδη υπήρχαν στο εργαστήριο μας.

7.2 Εξοπλισμός

Για την κατασκευή της εργασίας και την συναρμολόγηση των εξαρτημάτων χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω εργαλεία-μηχανήματα:

Για την προστασία μας:

- Γάντια εργασίας
- Μάσκα προστασίας από σκόνη
- Γυαλιά προστασίας από το laser

Εργαλεία-Εξοπλισμός :

- Μέτρο
- Γωνιακός χάρακας
- Ψηφιακό πολύμετρο
- Τρυπάνι
- Γαλλικά κλειδιά
- Γυαλόχαρτα
- Κολλητήρι
- Σιδεροπρίονο
- Αναλώσιμα (Βίδες, παξιμάδια, ροδέλες, γωνίες)

7.3 Υλικά βάσης

Η αρχή έγινε με τον σκελετό της κατασκευής. Αποφασίστηκε να είναι από ξύλινη επιφάνεια η οποία κόπηκε, λειάνθηκε και τρυπήθηκε στα μέτρα που είχε σχεδιαστεί για την κατασκευή. Για την βάση

Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER

των αξόνων X και Y κόπηκαν δυο ξύλινες επιφάνεια με μήκος 20cm, πλάτος 16cm. Με ένα τρυπάνι ανοίχτηκαν 4 τρύπες στις οποίες βιδώθηκαν οι βάσεις των αξόνων X και Y.



Εικόνα 7.1: Ξύλινη βάση στήριξης άξονα X.

Στην επιφάνεια του άξονα Y που βιδώθηκε ο μηχανισμός κατεργασίας (το Laser), στις 4 θέσεις που βιδώθηκε η βάση έγιναν με εσωτερικό άνοιγμα 4 cm, ώστε να μπορεί να ανεβοκατεβαίνει ο άξονας Y χειροκίνητα όταν το χρειαστεί για να ρυθμιστεί η δέσμη του Laser (focus) όταν αυτό χρειαστεί ανάλογα με το υλικό κατεργασίας (ξύλο, αλουμίνιο, χαρτί κ.α.).



Εικόνα 7.2: Ξύλινη βάση στήριξης άξονα Y.

Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER

Στην συνέχεια όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα ενώθηκαν μεταξύ τους με δυο γωνίες 4cm x 4cm.



Εικόνα 7.3: Σκελετός κατασκευής.



Εικόνα 7.4: Σκελετός κατασκευής.

7.4 Βηματικοί κινητήρες

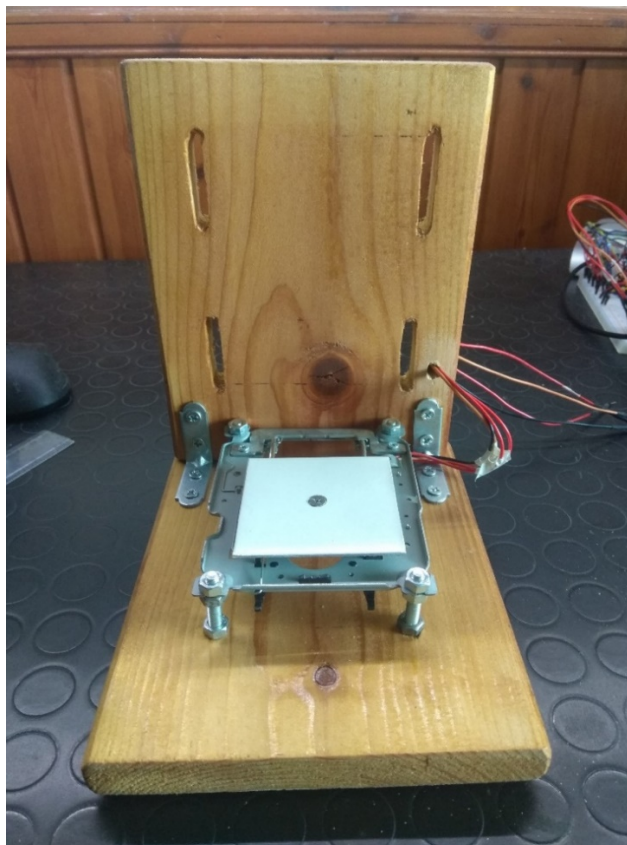
Η επιλογή των βηματικών κινητήρων προτιμήθηκε να είναι από συσκευές CD/DVD ενός ηλεκτρονικού επιτραπέζιου υπολογιστή, που βρισκόταν στο εσωτερικό τους για την εισαγωγή και την εξαγωγή της θύρας των CD/DVD. Χρησιμοποιεί ένα διπολικό βηματικό κινητήρα, που για την παρούσα εργασία είναι ακριβώς αυτό που χρειάζεται.

Κολλήθηκαν και στους δυο κινητήρες 4 καλώδια με το κολλητήρι και μονώθηκαν με θερμή σιλικόνη για να μην υπάρξει τυχόν βραχυκύκλωμα ώστε να είναι έτοιμα να οδηγηθούν στα επόμενα βήματα του κυκλώματος.

Αφού προσαρμόστηκε πάνω στην κινητή γέφυρα μια αλουμίνια επιφάνεια ως πάγκος κατεργασίας για την βάση του άξονα X τοποθετήθηκε στον σκελετό βιδώνοντας την.



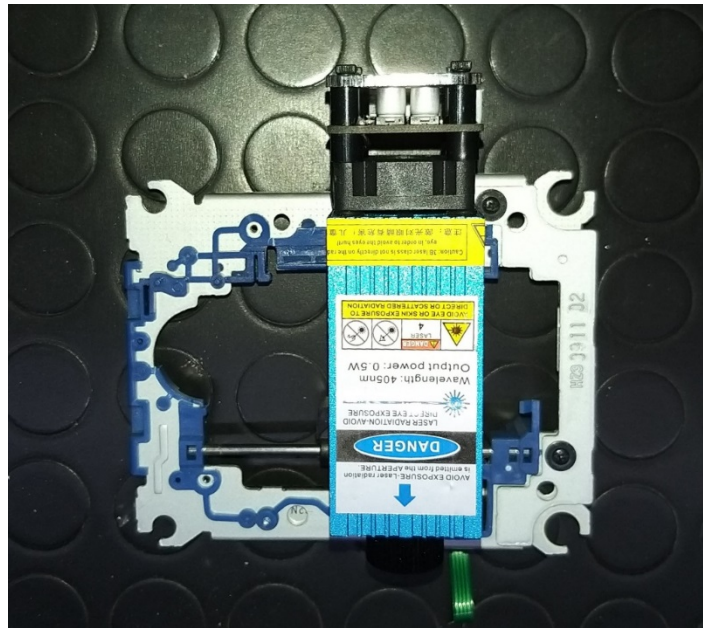
Εικόνα 7.5: Το stepper motor των αξόνων X και Y.



Εικόνα 7.6: Σκελετός κατασκευής με τον άξονα X.

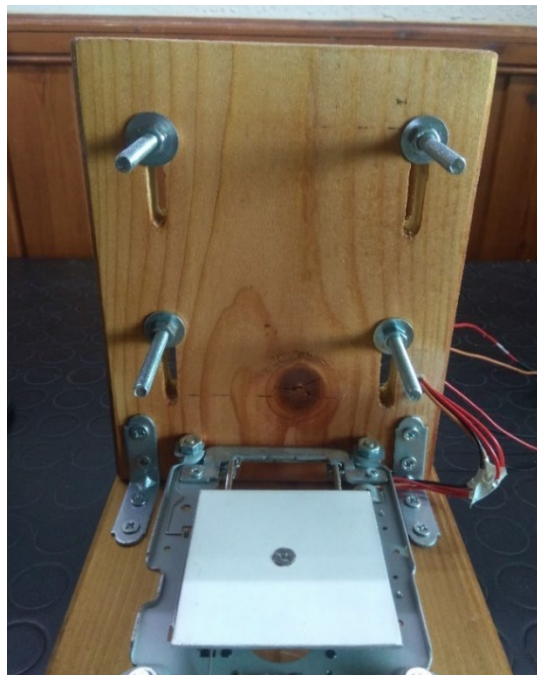
Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER

Για τον άξονα Y, κρατήθηκε η βάση με τον κινητήρα για την κινητή γέφυρα και στο κέντρο της προσαρμόστηκε το υλικό κατεργασίας (laser).



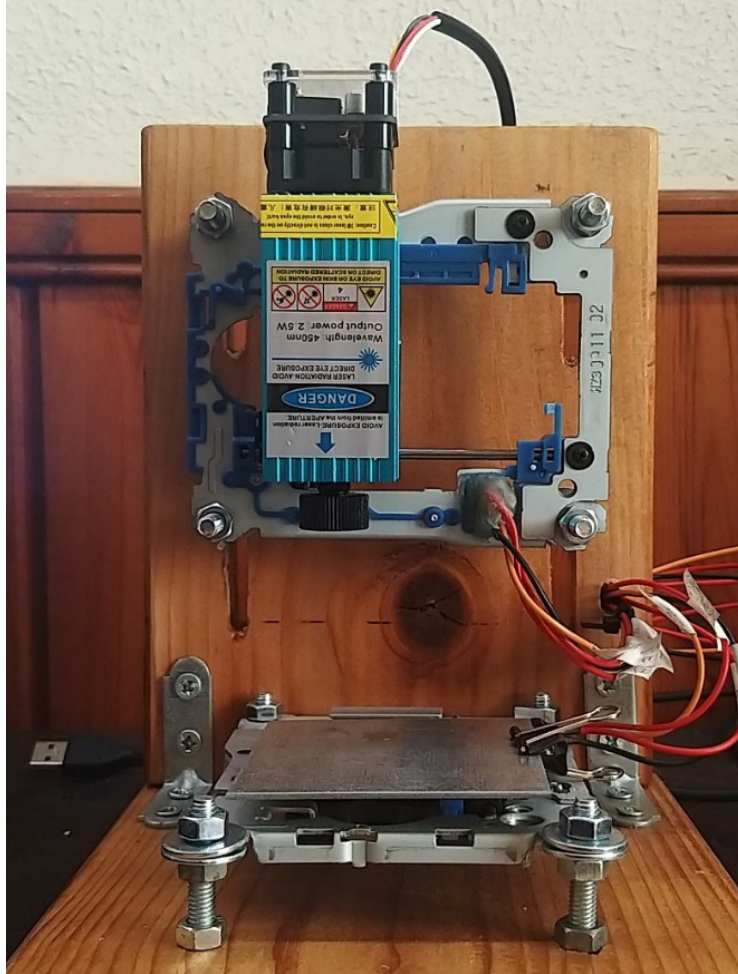
Εικόνα 7.7: Μηχανισμός άξονα Y.

Στην συνέχεια βιδώθηκαν στον σκελετό του άξονα 'Y' 4 βίδες 8cm με ροδέλες και παξιμάδια ώστε να μπορεί να μετακινηθεί για τη κατάλληλη ρύθμιση της δέσμης το laser εύκολα, στο επόμενο βήμα τοποθετείται και βιδώνεται η βάση με τον κινητήρα και το υλικό κατεργασίας πάνω στον σκελετό.



Εικόνα 7.8: Σκελετός κατασκευής με τον άξονα X και τις βίδες στήριξης για τον άξονα Y.

Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER



Εικόνα 7.9: Κατασκευή αξόνων ολοκληρωμένη.

7.5 Ηλεκτρονικά εξαρτήματα

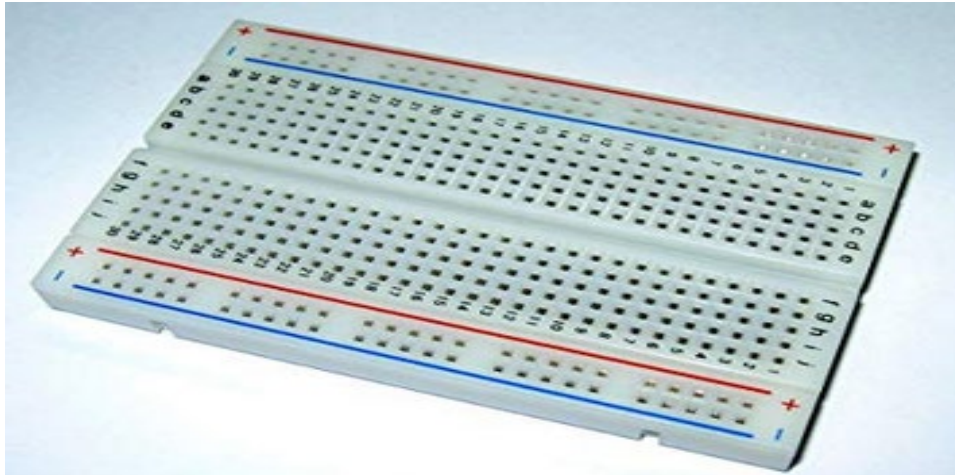
Ηλεκτρονικά εξαρτήματα και υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για το κύκλωμα :

A. Πλακέτα Arduino Uno



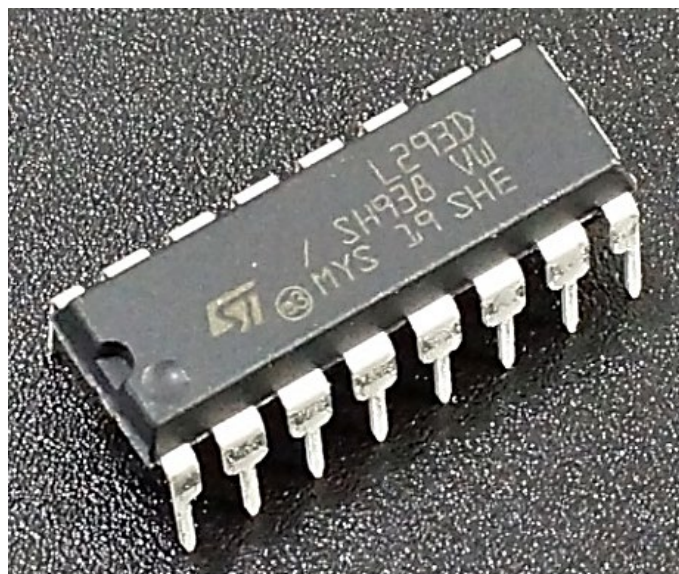
Εικόνα 7.10: Πλακέτα arduino uno.

B. Ράστερ (Breadboard)



Εικόνα 7.11: Ράστερ.

C. 2x L293D Ελεγκτής κινητήρα (Motor driver)



Εικόνα 7.12: Ελεγκτής κινητήρα L293D.

Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER

D. Τροφοδοτικό συνεχούς τάσης 12V 3A, ολοκληρωμένο σύστημα.

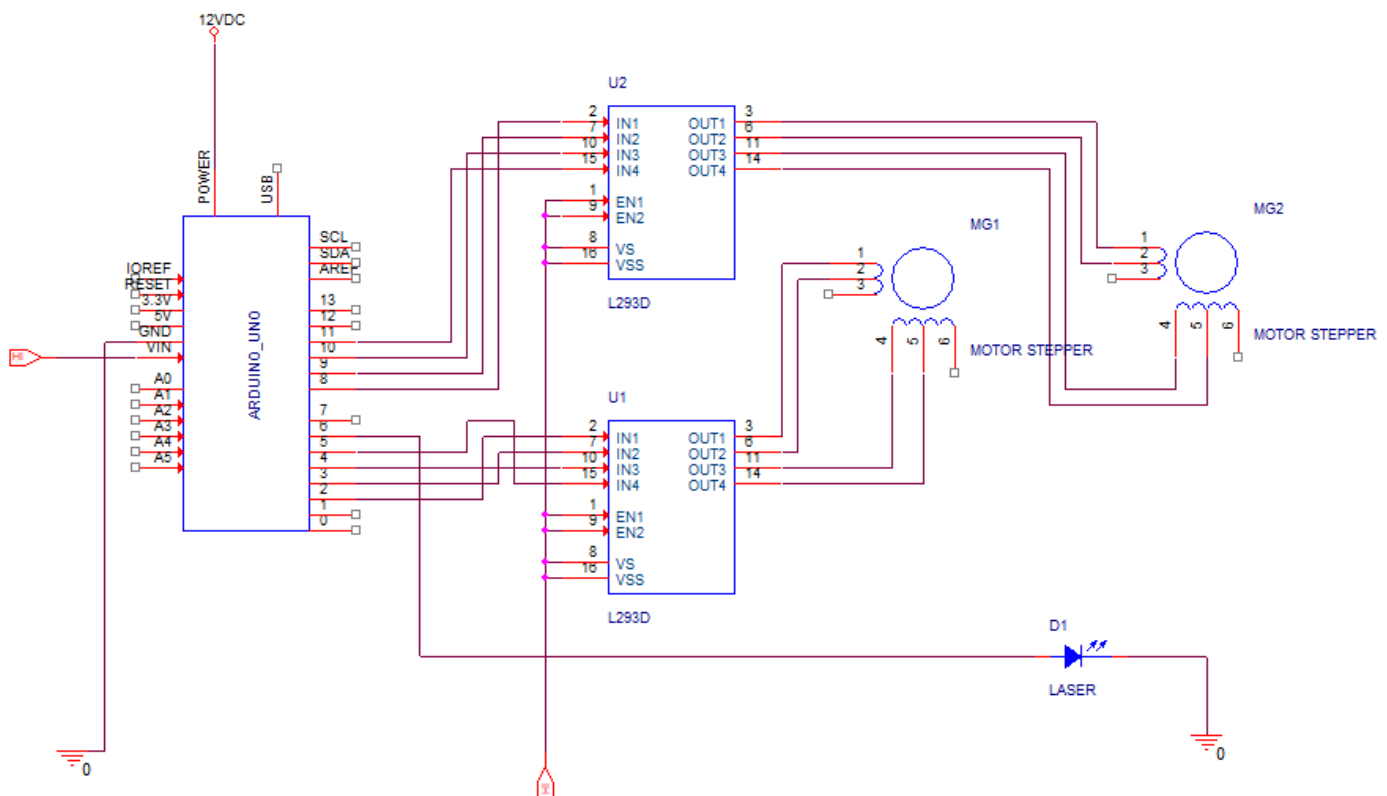


Εικόνα 7.13: Παλμοτροφοδοτικό 12volt 3ampere.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ CNC

8.1 Κύκλωμα με χρήση PSpice



Εικόνα 8.1: Κύκλωμα εργασίας CNC laser.

8.2 Δημιουργία κώδικα Arduino

Ο παρών κώδικας μπορούμε να πούμε ότι αποτελεί την καρδιά του CNC. Αναλαμβάνει να μετατρέψει σε κίνηση εισερχόμενες Gcode εντολές από την σειριακή θύρα USB του υπολογιστή. Στην ουσία αποτελούνται από μια σειρά γραμμών και χαρακτήρων π.χ. "G1 X13.2 Y11". Στη συνέχεια μεταφράζει σε κίνηση (Αντίστροφη κινηματική) τις συντεταγμένες.

Αφού υπολογίσει με ακρίβεια, σύμφωνα με τις ρυθμίσεις μας βήματα, περιστροφή των βηματικών κινητήρων, βήματα ανά χιλιοστό και αύξηση ή μείωση βημάτων.

Επίσης από τον κώδικα εξαρτάτε το πλήθος των βημάτων που απαιτεί ο κάθε βηματικός κινητήρας X και Y αντίστοιχα ώστε να αφιχθεί στην νέα θέση.

Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER

// Εισαγωγή βιβλιοθήκης κίνησης βηματικών κινητήρων

```
#include <Stepper.h>
```

// πρόχειρη αποθήκη εισερχόμενων εντολών gcode - 512 χαρακτήρες

```
#define LINE_BUFFER_LENGTH 512
```

// ορίζω το ψηφιακό pin ενεργοποίησης του laser στο pin 6

```
const int LASER = 6;
```

```
const int LASER_POWER = 150; // 0-255, 0% ισχύς - 255 100% ισχύς
```

// βήματα ανα περιστροφή κάθε κινητήρα, ώστε να υπολογίσουμε με αντίστροφη κινηματική την κίνηση σε ακριβείς αποστάσεις

// ορίζουμε ότι οι βηματικοί μας κινητήρες απαιτούν 20 βήματα ανα περιστροφή

```
const int stepsPerRevolution = 20;
```

// ορίζουμε τα βήματα που απαιτούνται ανά ένα χιλιοστό κίνησης.

```
float StepsPerMillimeterX = 6.0;
```

```
float StepsPerMillimeterY = 6.0;
```

// με τα βήματα ανά περιστροφή και τα απαιτούμενα βήματα ανά χιλιοστό μπορούμε να υπολογίσουμε με ακρίβεια τα βήματα που απαιτούνται ώστε να φτάσουμε σε νέα θέση

// ορίζουμε την σύνδεση των πηνίων των 2 βηματικών κινητήρων για κίνηση στον X και Y άξονα στα pin 8,9,10,11 και 2,3,4,5 για τους κινητήρες X και Y αντίστοιχα

```
Stepper myStepperY(stepsPerRevolution, 2,3,4,5);
```

```
Stepper myStepperX(stepsPerRevolution, 8,9,10,11);
```

// διαστάσεις λειτουργίας - ωφέλιμη επιφάνεια εργασίας

```
float Xmin = 0;
```

```
float Xmax = 40;
```

```
float Ymin = 0;
```

```
float Ymax = 40;
```

// Μεταβλητές αποθήκευσης τρέχουσας θέσης του CNC κάθε στιγμή ορίζουμε αρχική θέση 0,0

```
Xmin/Ymin
```

```
float Xpos = Xmin;
```

```
float Ypos = Ymin;
```

Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER

// δομή/αντικείμενο όπου κρατάμε την τρέχουσα θέση των X και Y σημείων

```
struct point {  
    float x;  
    float y;  
};
```

// χρησιμοποιούμε την δομή και δηλώνουμε μια μεταβλητή όπου θα έχουμε την τρέχουσα θέση του μηχανήματος actuatorPos.x & actuatorPos.y

```
struct point actuatorPos;
```

// δήλωση βοηθητικών μεταβλητών - αύξηση βημάτων κατά 1, καθυστέρηση μεταξύ βημάτων, καθυστέρηση ανάμεσα σε εισερχόμενες εντολές (σειριακή θύρα) 50milliseconds

```
float StepInc = 1;  
int StepDelay = 0;  
int LineDelay = 50;
```

// αν επιλέξουμε true, θα έχουμε αποτελέσματα ώστε να ελέγξουμε την λειτουργία σε περίπτωση προβλημάτων, με την τιμή false (όπως εδώ) έχουμε κάνει ήδη τις δοκιμές μας.

```
boolean verboseDebug = false;
```

```
void setup() {
```

// ορισμός ταχύτητας επικοινωνίας σειριακής θύρας για σωστό χρονισμό με το πρόγραμμα αποστολής εντολών

```
Serial.begin( 9600 );
```

// ορισμός ως έξοδος του pin ενεργοποίησης/απενεργοποίησης του laser

```
pinMode(LASER, OUTPUT);  
delay(200);
```

// ταχύτητα κίνησης βηματικών κινητήρων

```
myStepperX.setSpeed(250);  
myStepperY.setSpeed(250);
```

```
}
```

```
void loop()
```

Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER

```
{
  delay(200);
  char line[ LINE_BUFFER_LENGTH ];
  char c;
  int lineIndex;
  bool lineIsComment, lineSemiColon;

  lineIndex = 0;
  lineSemiColon = false;
  lineIsComment = false;

  while (1) {
    // λήψη εισερχόμενης εντολής, όσο υπάρχει κάτι προς λήψη στην σειριακή θύρα
    while ( Serial.available()>0 ) {

      // διαβάσω κάθε χαρακτήρα (σειριακή επικοινωνία)
      c = Serial.read();

      // ο χαρακτήρας νέας γραμμής / enter ορίζει ότι έχει ληφθεί μια ολοκληρωμένη εντολή
      // πχ "G1 X12 Y22" για κίνηση στην συντεταγμένη ή πχ "M300 S30" (για ενεργοποίηση του laser)
      if (( c == '\n' ) || ( c == '\r' ) ) {
        if ( lineIndex > 0 ) {
          line[ lineIndex ] = '\0';
          if (verboseDebug) {
            Serial.print( "Received : ");
            Serial.println( line );
          }
          // αποστολή της ληφθείσας εντολής στον αποκωδικοποιητή, όπου θα υλοποιήσει την κίνηση ή
          // την ενεργοποίηση / απενεργοποίηση του laser
          processIncomingLine( line, lineIndex );
          lineIndex = 0;
        }
        else {

        }
        lineIsComment = false;
      }
    }
  }
}
```


Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER

```
// χρειάζεται να αποκωδικοποιήσει τις εντολές που έρχονται από την σειριακή θύρα ...
// G1 για κίνηση
// G4 P300 (αναμονή 150ms)
// G1 X60 Y30
// G1 X30 Y50
// M300 S30 (laserOn)
// M300 S50 (laserOff)
// αγνόησε σχόλια, οτιδήποτε ξεκινάει με '('
// αγνόησε κάθε άλλη εντολή '!'
// δίνουμε την σειρά χαρακτήρων της γραμμής και το πλήθος των χαρακτήρων που την αποτελούν πχ
"G1X12Y3" line & charNB 7 χαρακτήρες
void processIncomingLine( char* line, int charNB ) {
    // ορισμός θέσης τρέχοντα χαρακτήρα από την γραμμή χαρακτήρων της εισερχόμενης εντολής 0 =
    1ος χαρακτήρας
    int currentIndex = 0;
    char buffer[ 64 ]; // buffer μέγεθος εντολής 64 χαρακτήρων
    // ορισμός μια μεταβλητής τύπου struct (για την νέα θέση) - δεξ και παραπάνω την δηλώση
    actuatorPos
    struct point newPos;
    newPos.x = 0.0;
    newPos.y = 0.0;
    while( currentIndex < charNB ) {
        switch ( line[ currentIndex++ ] ) { // (A) ανάλογα με τον τρέχοντα χαρακτήρα του buffer
            case 'G':
                buffer[0] = line[ currentIndex++ ]; // (A1) σε περίπτωση γράμματος "G"
                buffer[1] = '\0';
                switch ( atoi( buffer ) ) { // (B1) εντολή τύπου G - προχώρα σε
                    αποκοδικοποίηση συντεταγμένων
                    case 0: // G00 & G01 - και οι 2 εντολές υλοποιούνται με τον ίδιο
                        τρόπο / κίνηση και γρήγορη κίνηση
                    case 1: // με την ίδια ταχύτητα
                        // !\ θα έχουμε πάντα την συντ. X πριν την Y
                        char* indexX = strchr( line+currentIndex, 'X' ); // πάρε την X συντεταγμένη από την εντολή
                        (σειρά χαρ/ων) και τοποθέτησε στην indexX , Αν υπάρχει.
                        char* indexY = strchr( line+currentIndex, 'Y' ); // πάρε την Y συντεταγμένη από την εντολή
                        (σειρά χαρ/ων) και τοποθέτησε στην indexY , Αν υπάρχει.
                        if ( indexY <= 0 ) { // εαν δεν έχει δοθεί συντεταγμένη Y στην
                            εντολή μου

```

Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER

```
newPos.x = atof( indexX + 1); // η νέα θέση X == μετατροπή των
χαρακτήρων σε πραγματικό αριθμό atof()
newPos.y = actuatorPos.y; // η νέα θέση Y να γίνει η παλιά θέση Y
αφού δεν δόθηκε τιμή
}
else if ( indexX <= 0 ) { // εαν δεν έχει δοθεί συντεταγμένη X στην
εντολή μου
newPos.y = atof( indexY + 1); // η νέα θέση Y == μετατροπή των
χαρακτήρων σε πραγματικό αριθμό atof()
newPos.x = actuatorPos.x; // η νέα θέση X να γίνει η παλιά θέση X
αφού δεν δόθηκε τιμή
}
else { // εαν δόθηκαν X και Y συντεταγμένες
newPos.y = atof( indexY + 1); // μετατρέπουμε σε πραγματικούς
αριθμούς και τις 2 συντεταγμένες
indexY = '\0';
newPos.x = atof( indexX + 1);
}
// προχώρα σε κίνηση και σχεδιασμό γραμμής
drawLine(newPos.x, newPos.y );
actuatorPos.x = newPos.x;
actuatorPos.y = newPos.y;
break;
}
break;
case 'M': // (A2) σε περίπτωση γράμματος "M"
buffer[0] = line[ currentIndex++ ]; // !\ δουλεύει ΜΟΝΟ με 3ψήφιους
αριθμούς μετά το M πχ M300
buffer[1] = line[ currentIndex++ ];
buffer[2] = line[ currentIndex++ ];
buffer[3] = '\0';
switch ( atoi( buffer ) ){
case 300: // (B2) σε περίπτωση 300 (μετά το M) πχ M300 -
εδώ μόνο αυτού του τύπου η εντολή υλοποιήθηκε
{
char* indexS = strchr( line+currentIndex, 'S' ); // (B3) λήψη τιμής μετά το S --- S30 /
S50
float Spos = atof( indexS + 1);
// Serial.println("ok");
```

Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER

```
    if (Spos == 30) { // (B3a) σε περίπτωση 30 (μετά το S) πχ S30 -
ενεργοποίησε το laser
        laserOn();
    }
    if (Spos == 50) { // (B3b) σε περίπτωση 50 (μετά το S) πχ S50 -
απενεργοποίησε το laser
        laserOff();
    }
    break;
}
case 114: // (A3) εντολή M114 - αναφέρει την τρέχουσα θέση του
CNC στην σειριακή θύρα
    Serial.print( "Absolute position : X = " );
    Serial.print( actuatorPos.x );
    Serial.print( " - Y = " );
    Serial.println( actuatorPos.y );
    break;
default: // οτιδήποτε άλλο σαν εντολή, να αγνοηθεί πχ M101,
M132 κοκ
    Serial.print( "Command not recognized : M");
    Serial.println( buffer );
}
}
}
}
```

// Αντίστροφη κινηματική - ρουτίνα δημιουργίας γραμμής από την τρέχουσα θέση και τις νέες συντεταγμένες προορισμού

```
void drawLine(float x1, float y1) {
// αποσφαλμάτωση εάν έχει επιλεγεί
if (verboseDebug)
{
    Serial.print("fx1, fy1: ");
    Serial.print(x1);
    Serial.print(",");
    Serial.print(y1);
    Serial.println("");
}
```

Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER

```
}
```

```
// αποφυγή κινήσεων εκτός ορίων. αν έχω δώσει τιμή εκτός επιφάνειας εργασίας πχ μεγαλύτερη ή μικρότερη
```

```
// περιορίζομαι σε κίνηση εντός επιφάνειας εργασίας
```

```
if (x1 >= Xmax) {
```

```
    x1 = Xmax;
```

```
}
```

```
if (x1 <= Xmin) {
```

```
    x1 = Xmin;
```

```
}
```

```
if (y1 >= Ymax) {
```

```
    y1 = Ymax;
```

```
}
```

```
if (y1 <= Ymin) {
```

```
    y1 = Ymin;
```

```
}
```

```
// αποσφαλμάτωση εάν έχει επιλεγεί
```

```
if (verboseDebug)
```

```
{
```

```
    Serial.print("Xpos, Ypos: ");
```

```
    Serial.print(Xpos);
```

```
    Serial.print(",");
```

```
    Serial.print(Ypos);
```

```
    Serial.println("");
```

```
    Serial.print("x1, y1: ");
```

```
    Serial.print(x1);
```

```
    Serial.print(",");
```

```
    Serial.print(y1);
```

```
    Serial.println("");
```

```
}
```

```
// μετατροπή συντεταγμένων σε βήματα κάθε βηματικού κινητήρα
```

```
// με βάση των μεταβλητών που δηλώσαμε στην αρχή
```

```
// νέα επιθυμητή θέση x1 και y1 = χιλιοστά X βήματα κινητήρα / μμ
```

Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER

```
x1 = (int)(x1*StepsPerMillimeterX);
y1 = (int)(y1*StepsPerMillimeterY);
// τρέχουσα θέση x0 και y0 = χιλιοστά X βήματα κινητήρα / μμ
float x0 = Xpos;
float y0 = Ypos;

// Διαφορά τιμής συντεταγμένων τρέχουσας θέσης με επιθυμητή νέα θέση (σε βήματα)
long dx = abs(x1-x0);
long dy = abs(y1-y0);
int sx = x0<x1 ? StepInc : -StepInc; // επιλογή εάν κινηθεί ο κινητήρας αριστερόστροφα/
δεξιόστροφα ανα 1 βήμα ή αν χρειάζεται ανά -1 βήμα StepInc δηλώθηκε 1 στην αρχή
int sy = y0<y1 ? StepInc : -StepInc; // -- παρομοίως για κινητήρα Y

long i;
long over = 0;

// bresenham αλγόριθμος εύρεσης γραμμής [9]
// εάν κινήσω τους 2 κινητήρες κατά dx & dy βήματα, δεν θα δημιουργηθεί μια ευθεία γραμμή.
// ας υποθέσουμε ότι ο X πρέπει να κινηθεί 4 βήματα και ο Y 8. μέχρι τα 4 πρώτα βήματα, θα πάνε
βήμα/βήμα,
// σχηματίζοντας μια ευθεία, αλλά θα απομείνουν άλλα 4 βήματα στον κινητήρα Y οπότε να κάνει
μια ευθεία προς άλλη κατεύθυνση
// ο αλγόριθμος bresenham αναλαμβάνει να χωρίσει σε ίσα βήματα ώστε να φτάσουμε ταυτόχρονα,
φτιάχνοντας μια ευθεία από
// το αρχικό στο τελικό σημείο
if (dx > dy) {
  for (i=0; i<dx; ++i) {
    myStepperX.step(sx);
    over+=dy;
    if (over>=dx) {
      over-=dx;
      myStepperY.step(sy);
    }
    delay(StepDelay);
  }
}
else {
  for (i=0; i<dy; ++i) {
```

Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER

```
myStepperY.step(sy);
over+=dx;
if (over>=dy) {
    over-=dy;
    myStepperX.step(sx);
}
delay(StepDelay);
}
}

// τέλος bresenham αλγόριθμος εύρεσης γραμμής

// αποσφαλμάτωση
if (verboseDebug)
{
    Serial.print("dx, dy:");
    Serial.print(dx);
    Serial.print(",");
    Serial.print(dy);
    Serial.println("");
    Serial.print("Going to (");
    Serial.print(x0);
    Serial.print(",");
    Serial.print(y0);
    Serial.println(")");
}

// καθυστέρηση πριν την επόμενη εντολή
delay(LineDelay);

// ορισμός του τελικού σημείου μετά την κίνηση ως το τρέχων σημείο του μηχανήματος
Xpos = x1;
Ypos = y1;
}

// ρουτίνες ενεργοποίησης / απενεργοποίησης laser
void laserOff() {
    digitalWrite(LASER, LOW); // ενεργοποίηση pin LASER
```

Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER

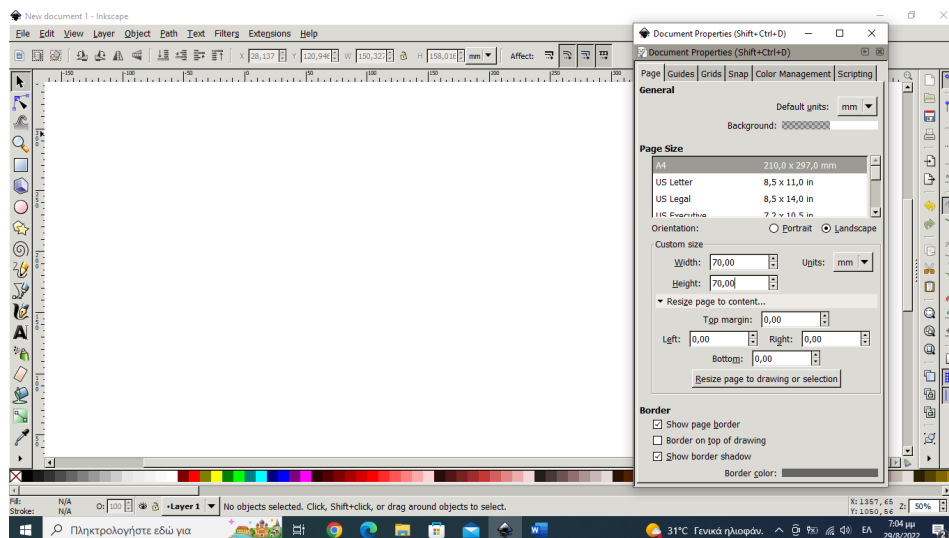
```
delay(LineDelay);  
if (verboseDebug) Serial.println("laser Off!"); // αποσφαλμάτωση  
}  
  
void laserOn() {  
  //digitalWrite(LASER, HIGH); // ενεργοποίηση pin LASER  
  analogWrite(LASER, LASER_POWER);  
  delay(LineDelay);  
  if (verboseDebug) Serial.println("laser On."); // αποσφαλμάτωση  
}
```

8.3 Λογισμικό σχεδίασης

Για να μπορέσουμε να κάψουμε ένα σχήμα ή μια λέξη ή ακόμα και μια εικόνα στο υλικό καταργασίας μας με το laser θα πρέπει πρώτα από όλα να μετατρέψουμε αυτό το σχέδιο σε διανυσματική μορφή. Η διανυσματική μορφή πρόκειται για μαθηματικές καμπύλες (διανύσματα) που συνδυαζόμενες δημιουργούν σχήματα.[8]

Αυτό γίνεται με πολλά προγράμματα σχεδιαστικά εμείς χρησιμοποιούμε το Inkscape το οποίο είναι και δωρεάν. Παρακάτω επισυνάπτουμε σε εικόνες μια δική μας εφαρμογή στο σχέδιο του Μεγάλου Αλεξάνδρου, πριν και μετά την μετατροπή, βήμα προς βήμα. Μετά την μετατροπή, το επόμενο που κάνουμε είναι να αποθηκεύσουμε το αρχείο σε μορφή G-CODE.

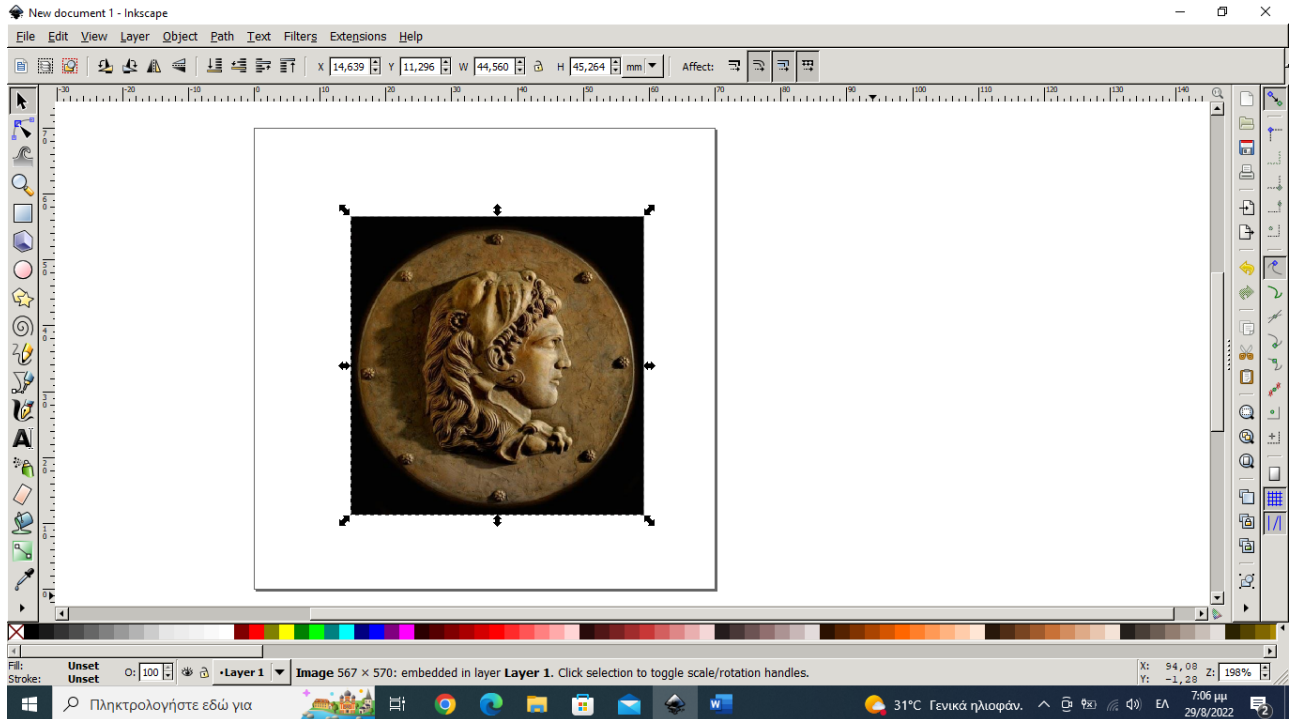
Το πρώτο βήμα που πρέπει να κάνουμε αφού ανοίξουμε το Inkscape, είναι να ρυθμίσουμε την μακέτα σχεδίασης που στην προκειμένη περίπτωση μας είναι 7 X 7 εκατοστά.



Εικόνα 8.2: Λογισμικό σχεδίασης Inkscape (διαδικασία επεξεργασίας εικόνας).

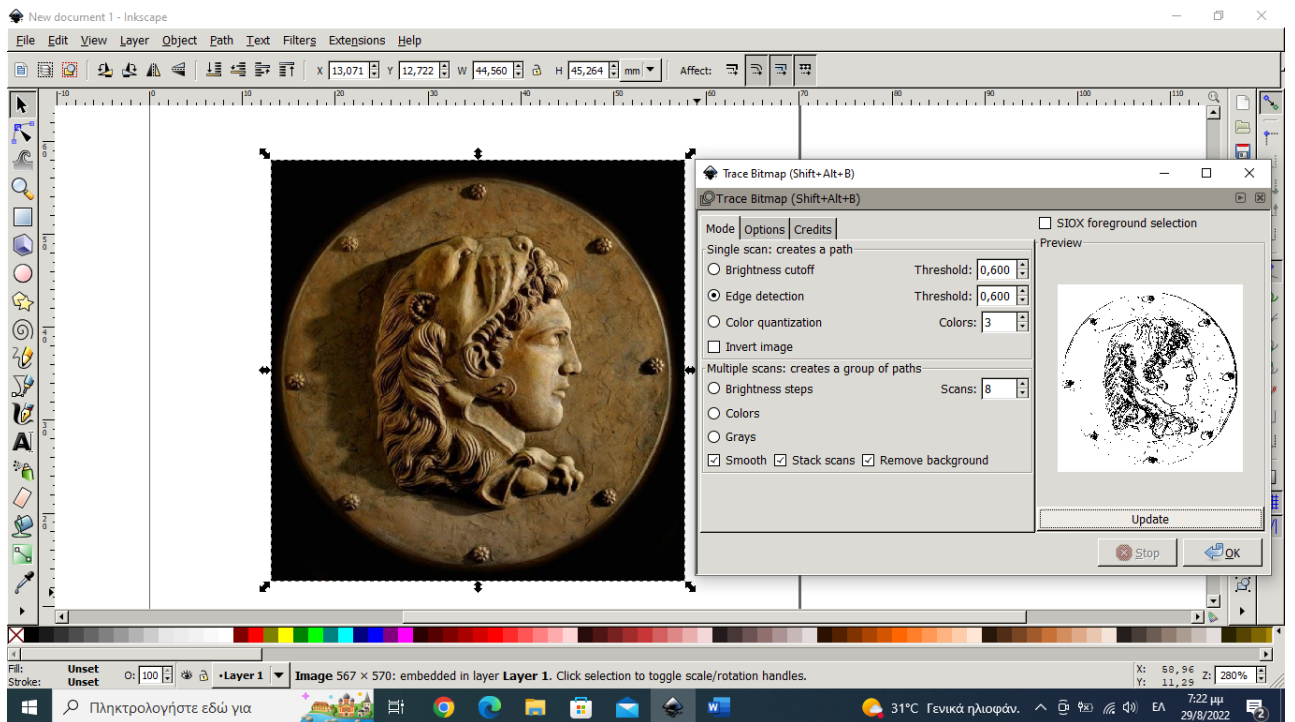
Στην συνέχεια φορτώνουμε στο πρόγραμμα την εικόνα που θέλουμε να επεξεργαστούμε και την προσαρμόζουμε μέσα στο πλαίσιο σχεδίασης.

Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER



Εικόνα 8.3: Λογισμικό σχεδίασης Inkscape (διαδικασία επεξεργασίας εικόνας).

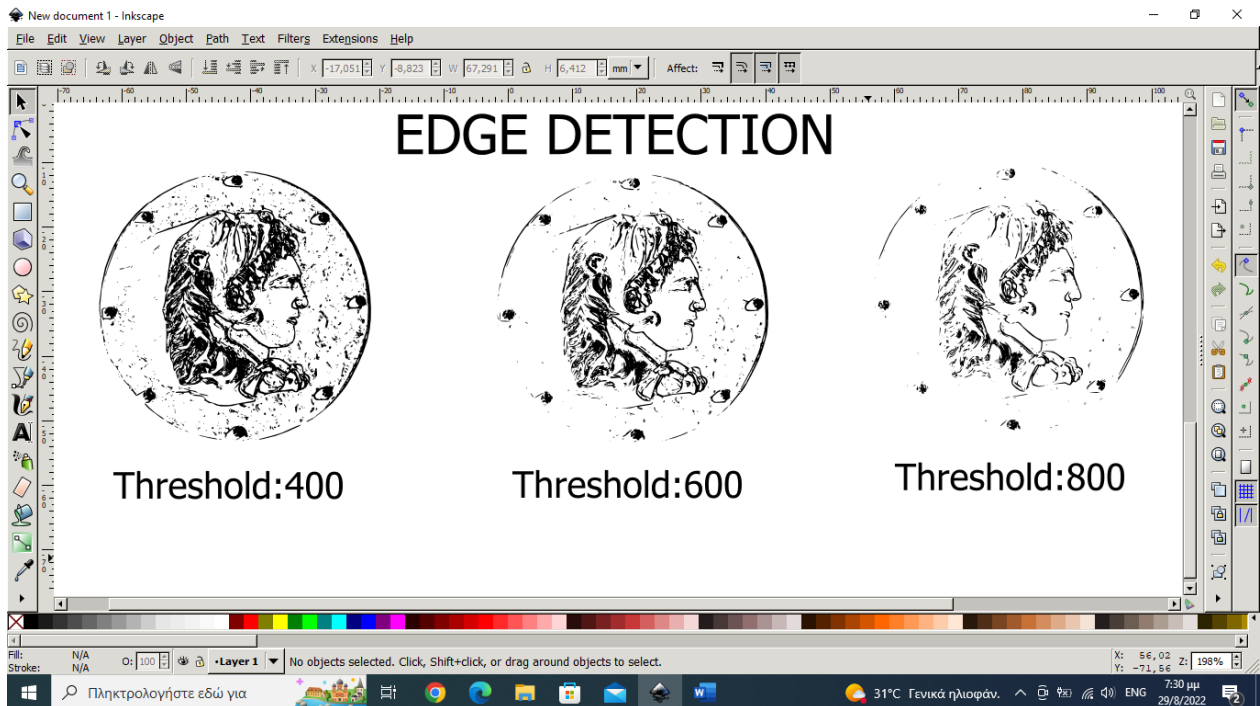
Ανοίγουμε το παράθυρο Trace Bitmap που βρίσκεται στην ενότητα Path, και αυτό που χρειάζεται να κάνουμε είναι στο edge detection (ανίχνευση σημείου) να ρυθμίσουμε το threshold (κατώφλι) στο επιθυμητό σημείο. Όσο μικρότερη τιμή στο threshold έχουμε τόσο πιο πυκνά σημεία μας δημιουργούνται.



Εικόνα 8.4: Λογισμικό σχεδίασης Inkscape (διαδικασία επεξεργασίας εικόνας).

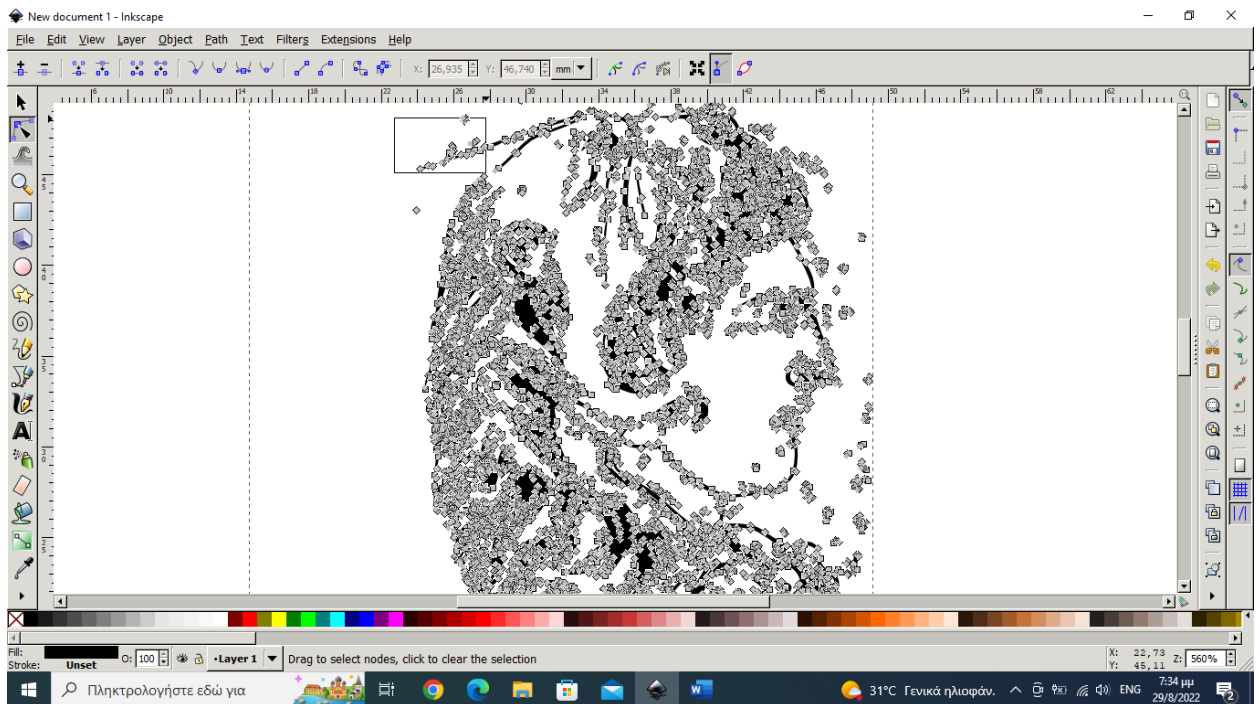
Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER

Παρακάτω βλέπουμε με τρία παραδείγματα τιμών στο edge detection τις διαφορές.



Εικόνα 8.5: Λογισμικό σχεδίασης Inkscape (διαδικασία επεξεργασίας εικόνας).

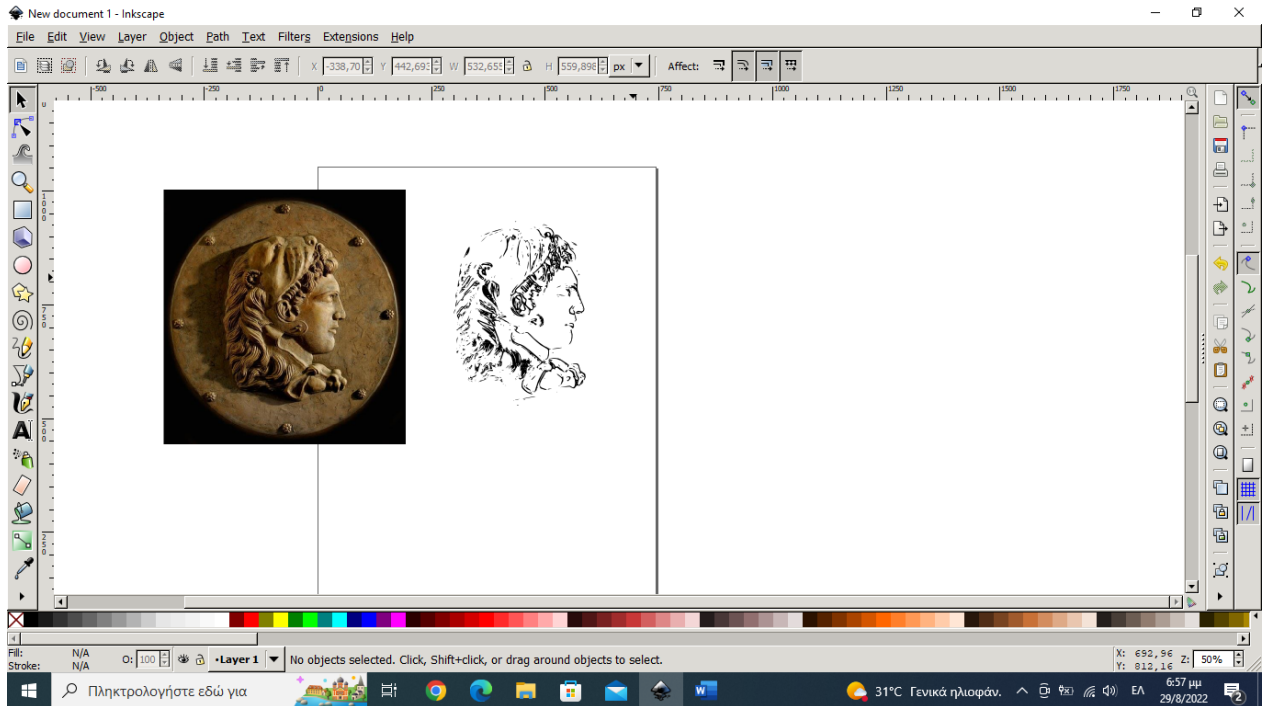
Εμείς αποφασίσαμε να επιλέξουμε την μεσαία περίπτωση στο threshold για να μην έχουμε πυκνά σημεία στο σχέδιο μας διότι θα δημιουργηθούν ατέλειες στο αποτέλεσμα μας, λόγω ότι χρησιμοποιούμε laser σαν εργαλείο καταργασίας σε μικρές διαστάσεις σχεδίασης. Στην παρακάτω εικόνα αφαιρούμε τα σημεία που δεν θέλουμε να δημιουργηθούν.



Εικόνα 8.6: Λογισμικό σχεδίασης Inkscape (διαδικασία επεξεργασίας εικόνας).

Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER

Και το αποτέλεσμα μας είναι αυτό που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Τέλος αποθηκεύουμε το σχέδιο μας σε μορφή G-Code.



Εικόνα 8.7: Λογισμικό σχεδίασης Inkscape (διαδικασία επεξεργασίας εικόνας).



Εικόνα 8.8: Αρχική Εικόνα.



Εικόνα 8.9: Αποτέλεσμα εικόνας μετά την επεξεργασία με το Inkscape.

Η τελική εικόνα με την οποία θα παρουσιαστεί η εκτέλεση της παρούσης εργασίας, μετά από επεξεργασία στο inkscape και την προσθήκη ονομάτων είναι η παρακάτω:



ΣΠΙΝΟΥΛΑΣ
ΑΒΡΑΜΟΠΟΥΛΟΣ
ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

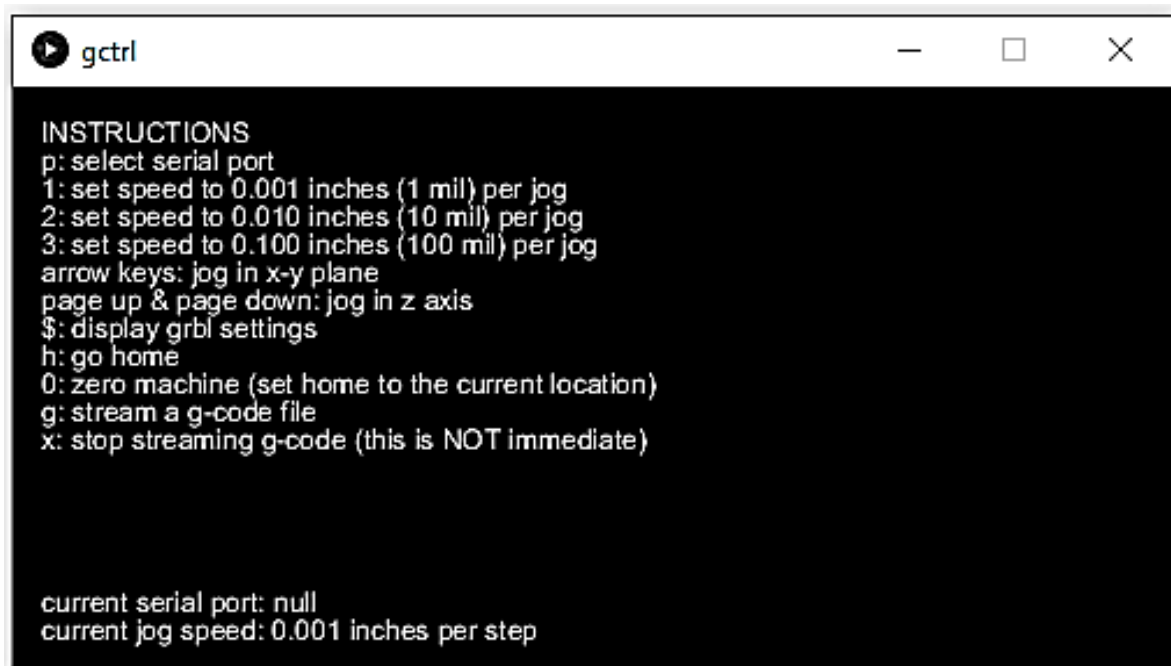
Εικόνα 8.10: Αποτέλεσμα τελικής εικόνας μετά από επεξεργασία με το Inkscape.

8.4 Εκτέλεση σχεδίου στην κατασκευή

Για να μεταφέρουμε το σχέδιο που δημιουργήσαμε σε μορφή G-Code στη μηχανή CNC, χρειαζόμαστε ένα λογισμικό πρόγραμμα το οποίο διαβάζει την θύρα USB του υπολογιστή μας με την πλακέτα Arduino που έχει ήδη τον κώδικα που χρειαζόμαστε προγραμματισμένο. Στη συνέχεια μεταφέρει τις εντολές του κώδικα-G στο Arduino, οι οποίες οδηγούνται στις εισόδους του ελεγκτή κινητήρα του άξονα X, ομοίως στις εισόδους του ελεγκτή για τον άξονα Y και για Z για την χρονική στιγμή που το laser θα είναι σε κατάσταση ON και τότε OFF.

Αυτό το λογισμικό είναι το G-Control (gctrl) και στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζουμε την διαδικασία βήμα-βήμα.

Ανοίγουμε το πρόγραμμα, επιλέγουμε (p) για να επιλέξουμε την θύρα που είναι συνδεδεμένη η κατασκευή μας, και στη συνέχεια όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, επιλέγουμε να φορτώσουμε το αρχείο G-Code πληκτρολογώντας το (g) και το project μας ξεκινάει να σχεδιάζει.



```
gctrl

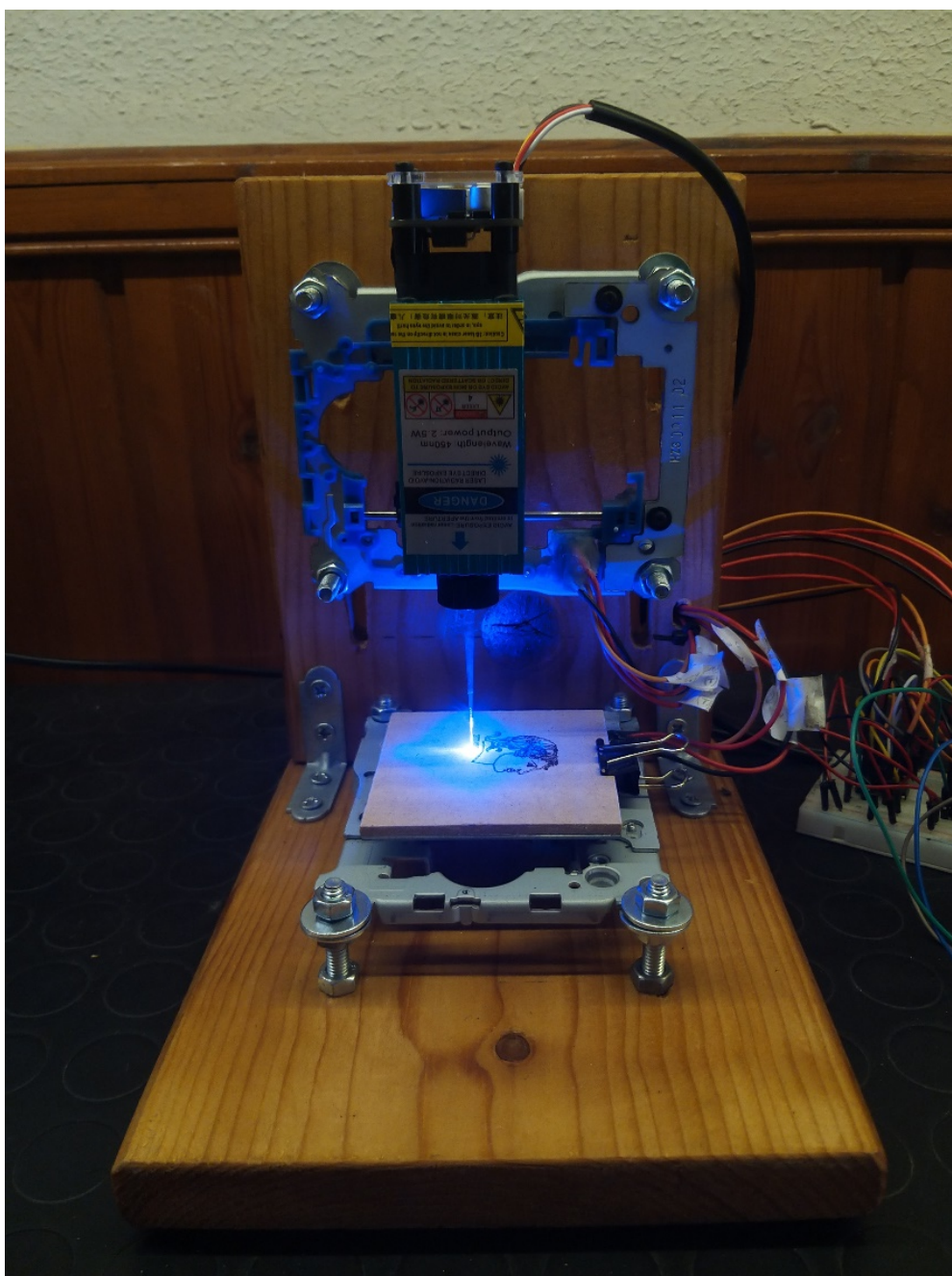
INSTRUCTIONS
p: select serial port
1: set speed to 0.001 inches (1 mil) per jog
2: set speed to 0.010 inches (10 mil) per jog
3: set speed to 0.100 inches (100 mil) per jog
arrow keys: jog in x-y plane
page up & page down: jog in z axis
$: display grbl settings
h: go home
0: zero machine (set home to the current location)
g: stream a g-code file
x: stop streaming g-code (this is NOT immediate)

current serial port: null
current jog speed: 0.001 inches per step
```

Εικόνα 8.11: Αρχικό παράθυρο του g-control.

Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER

Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε το CNC εν ώρα λειτουργίας.



Εικόνα 8.12: Το CNC εν ώρα λειτουργίας.

Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER

Στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 8.13) το σχέδιο είναι έτοιμο πάνω σε μια αλουμίνια επιφάνεια με την ισχύ του laser στο 80% χωρίς να υπάρχουν ατέλειες στο σχέδιο.



Εικόνα 8.13: Το σχέδιο πάνω σε επιφάνεια από αλουμίνιο.

8.5 Δοκιμή σε άλλα υλικά

Ξύλινη επιφάνεια με ισχύ του laser στο 30% (Εικόνα 8.14). Σε χαμηλή ένταση σε τέτοιο είδος υλικού δεν υπάρχει ομαλή σχεδίαση όπως παρατηρείται με αποτέλεσμα να διακρίνονται κουκίδες στο σχέδιο, οπότε θα χρειαστεί να αυξηθεί η ισχύς του laser.

Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER



Εικόνα 8.14: Το σχέδιο πάνω σε μια ξύλινη επιφάνεια με ισχύ laser 30%.

Ξύλινη επιφάνεια με ισχύ του laser στο 55% (Εικόνα 8.15). Όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα το αποτέλεσμα είναι καλύτερο σε αυτήν την ένταση του laser, η γραμμές στο σχέδιο είναι πιο ομαλές.



Εικόνα 8.15: Το σχέδιο πάνω σε μια ξύλινη επιφάνεια με ισχύ laser 55%.

Ξύλινη επιφάνεια με ισχύ του laser στο 90% (Εικόνα 8.16). Σε δυνατή ισχύ παρατηρείτε ότι σε έντονα σημεία καίγεται το υλικό, οπότε αυτή η ισχύ του laser είναι ακατάλληλη στο συγκεκριμένο υλικό.

Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER



Εικόνα 8.16: Το σχέδιο πάνω σε μια ξύλινη επιφάνεια με ισχύ laser 90%.

Επιφάνεια χαρτονιού με ισχύ του laser στο 30% (Εικόνα 8.17). Για να υπάρξει σωστό αποτέλεσμα στο συγκεκριμένο υλικό παρατηρείται ότι η ένταση στο laser πρέπει να είναι χαμηλής έντασης.



Εικόνα 8.17: Το σχέδιο πάνω σε μια επιφάνεια από χαρτόνι με ισχύ laser 30%.

Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER

Επιφάνεια χαρτονιού με ισχύ του laser στο 60% (Εικόνα 8.18). Αυξήθηκε η ένταση στο laser και παρατηρείται ότι πιάνει φωτιά στα έντονα σημεία οπότε σε τέτοιο υλικό θα πρέπει να χρησιμοποιείται χαμηλότερη ένταση ισχύος.



Εικόνα 8.18: Το σχέδιο πάνω σε μια επιφάνεια από χαρτόνι με ισχύ laser 60%.

Στην περίπτωση της επιφάνειας από αλουμίνιο παραπάνω (Εικόνα 8.13) παρατηρείτε ότι στο 80% της έντασης του laser δεν έχουμε αλλοιώσεις στο σχέδιο. Με μια χαμηλότερη τιμή της έντασης (Εικόνα 8.19), στο 60% συγκεκριμένα φαίνεται ότι δεν είναι ομαλές οι γραμμές στο σχέδιο και αυτό συμβαίνει διότι το συγκεκριμένο υλικό έχει σκληρή επίστρωση οπότε το εργαλείο κατεργασίας χρειάζεται παραπάνω ένταση για να επεξεργαστεί το υλικό σωστά και χωρίς αλλοιώσεις.



Εικόνα 8.19: Το σχέδιο πάνω σε μια επιφάνεια από αλουμίνιο με ισχύ laser 60%.

Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER

Παρακάτω (Εικόνα 8.20) παρατηρείται ότι αν αυξηθεί η ένταση του laser στο 100% παρόλο που το υλικό είναι δύσκολο στην επεξεργασία του, στα λεπτά σημεία υπάρχει αλλοίωση επειδή καίγεται η επιφάνεια του αλουμινίου.



Εικόνα 8.20: Το σχέδιο πάνω σε μια επιφάνεια από αλουμίνιο με ισχύ laser 100%.

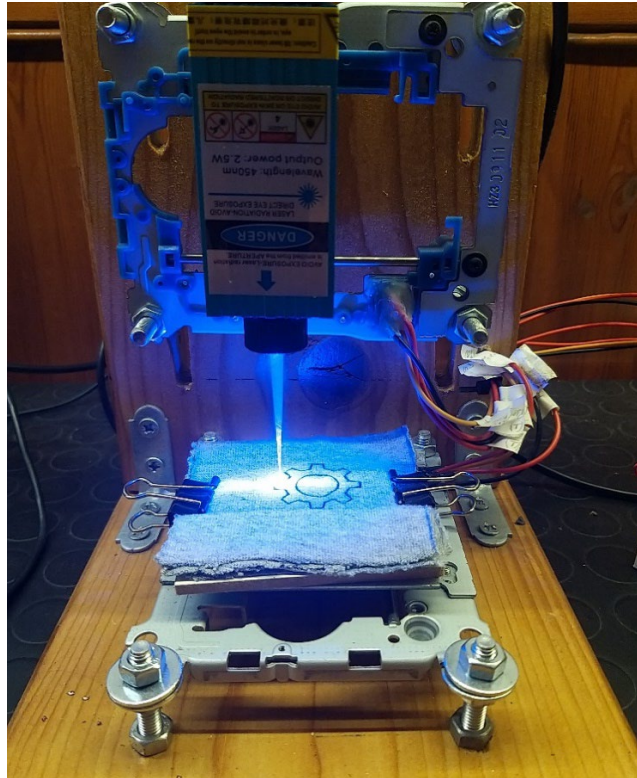
Στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 8.21) έγινε δοκιμή πάνω σε μια επιφάνεια από χαρτί τύπου A4 και παρατηρείτε ότι ακόμα και στη χαμηλή ένταση του laser καίγεται και δημιουργείτε τρύπα. Έγινε και δοκιμή σε πολύ χαμηλή ένταση ισχύος, στο 10% και παρατηρήθηκε ξανά το ίδιο αποτέλεσμα. Άρα ο συγκεκριμένος τύπος του laser δεν μπορεί να σχεδιάσει πάνω σε μια επιφάνεια από χαρτί.



Εικόνα 8.21: Το σχέδιο πάνω σε μια επιφάνεια από χαρτί με ισχύ laser 25%.

Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER

Έγινε δοκιμή, (Εικόνα 8.22), επίσης, σε ύφασμα και συγκεκριμένα σε τρία μαζί 7cm x 7cm, το ένα πάνω από το άλλο. Χρησιμοποιήθηκε ένα πιο απλό σχέδιο, ένα γρανάζι, για το λόγο ότι ο σκοπός της δοκιμής αυτής ήταν για να παρουσιαστεί η δυνατότητα του laser CNC ως μηχανήμα κοπής με πολύ μεγάλη επιτυχία και όχι για τον σχεδιασμό πάνω στο ύφασμα. Ρυθμίστηκε η ένταση του laser στο 100% αυτήν τη φορά για να μπορέσει να κόψει και τα τρία κομμάτια υφάσματος.



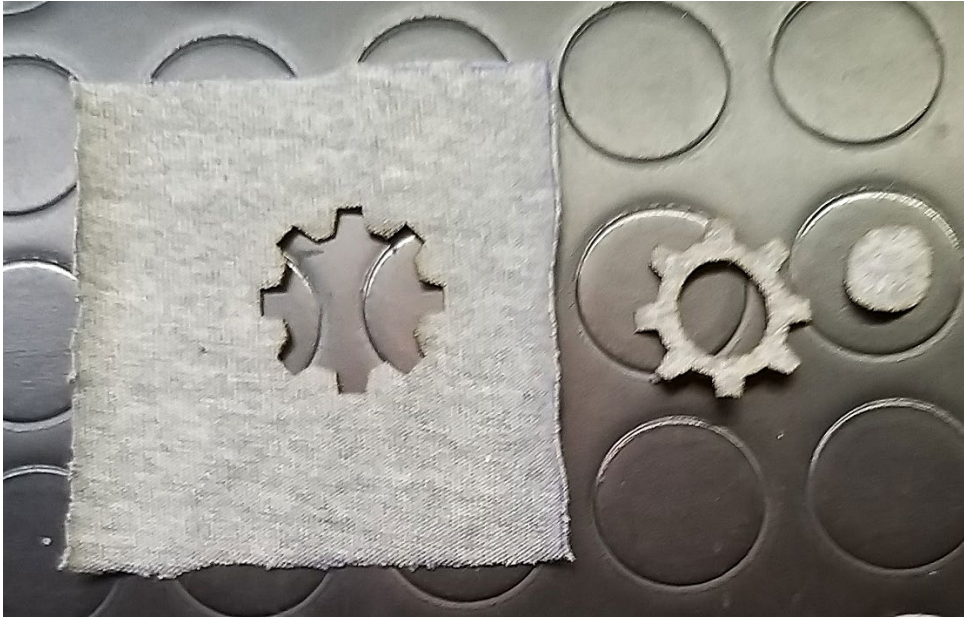
Εικόνα 8.22: Χάραξη υφασμάτων με ισχύ laser 100%.



Εικόνα 8.23: Το αποτέλεσμα της χάραξης πάνω στα υφάσματα.

Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER

Παρακάτω (Εικόνα 8.24) φαίνεται το αποτέλεσμα της χάραξης πάνω στα υφάσματα.



Εικόνα 8.24: Το αποτέλεσμα της ταυτόχρονης χάραξης πάνω στα υφάσματα.

Στις παρακάτω εικόνες (Εικόνα 8.25 και 26) είναι εμφανές το πόσο αποτελεσματικό και χωρίς ατέλειες είναι το κόψιμο των υφασμάτων. Ανάλογα την ποσότητα και το ποιότητα του υφάσματος μπορεί ο χρήστης να ρυθμίσει την ένταση του laser και την εστίαση (focus) ώστε να μπορέσει να φτάσει η χάραξη στο κατώτερο στρώμα υφάσματος.



Εικόνα 8.25: Το αποτέλεσμα της χάραξης στο ύφασμα.

Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER



Εικόνα 8.26: Το αποτέλεσμα της χάραξης στα μικρά κομμάτια του υφάσματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

9.1 Εγκατάσταση της μηχανής

Η εγκατάσταση της μηχανής μας χωρίζεται σε 2 μέρη. Το πρώτο μέρος είναι ο σκελετός της μηχανής, το δεύτερο μέρος τα καλώδια σύνδεσης. Η μηχανή προορίζεται για εσωτερική χρήση, σε στεγνό περιβάλλον μακριά από εστίες ανάφλεξης οπότε δεν χρειάζεται να υπάρχει κάποιος δείκτης προστασίας (IP). Η επιφάνεια στην οποία θα εγκατασταθεί η μηχανή CNC θα πρέπει να μην έχει κλίση και να μην είναι ολισθηρή. Ο σκελετός της μηχανής καλό είναι να τοποθετηθεί σε κάποια βάση ώστε να έχει το ιδανικό ύψος για να μπορεί ο χρήστης να την χειριστεί με ευκολία. Ιδανικό ύψος λειτουργίας από το έδαφος δεν υπάρχει, εφόσον αυτή η επιφάνεια είναι καθαρή και δεν περιέχει άλλα αντικείμενα που θα μπορούσαν να αποτρέψουν την σωστή και ομαλή κίνηση της μηχανής. Δίπλα από την κατασκευή τοποθετείτε ο ηλεκτρονικός υπολογιστής ο οποίος θα πρέπει να είναι εξοπλισμένος οπωσδήποτε με θύρα επικοινωνίας τύπου (USB) για να γίνει η σύνδεση με την πλακέτα Arduino. Ο χώρος γύρω από την μηχανή, όπως και η μηχανή πρέπει να μπορούν να καθαρίζονται καλά ώστε να μην υπάρχουν τυχόν σκόνες ή άλλου είδους αντικείμενα τα οποία θα βλάψουν τη σωστή λειτουργία της κατασκευής. Για να είναι η μηχανή έτοιμη για λειτουργία τοποθετούμε το σκελετό της μηχανής στην προαιρετική βάση στήριξης η οποία θα πρέπει απαραίτητα να είναι σταθερή. Η τοποθέτηση γίνεται με βίδες οι οποίες θα έρθουν σε επαφή με τις τρύπες πάνω στην βάση. Οι τρύπες πρέπει να είναι κεντραρισμένες και μετρημένες σε κατάλληλο ύψος και πλάτος πάνω στην βάση ώστε όλοι οι άξονες και σημαντικότερα το εργαλείο του άξονα Z να κινείται σε μια τέλεια οριζόντια κατεύθυνση. Τέλος, πρέπει να σιγουρευτούμε ότι οι βηματικοί κινητήρες (step motors) σε όλους τους άξονες είναι σε καλή κατάσταση δοκιμάζοντάς τους με ελεγχόμενες τάσεις για να δούμε αν υπάρχει λάθος στην κατεύθυνση ή αν έχουμε προβλήματα σε αποστάσεις. Είναι αρκετά σημαντικό οι δοκιμές των ηλεκτρονικών και ηλεκτρικών στοιχείων να γίνονται πριν την εγκατάσταση για να αποφεύγονται οι άσκοπες κινήσεις που μπορούν να επιφέρουν φθορά και σε άλλα στοιχεία.

9.2 Προστασία

Κατά την διάρκεια της λειτουργίας της μηχανής CNC υπάρχουν κάποια μέτρα που θα πρέπει να τηρηθούν και αυτά επέρχονται ανάλογα το εργαλείο που τελικά θα χρησιμοποιήσει η μηχανή. Στην περίπτωση μας που έχουμε εργαλείο κατεργασίας το laser θα πρέπει να είμαστε σίγουροι ότι ο χειριστής θα φορέσει ειδικά γυαλιά προστασίας από ακτινοβολίες για μην υπάρχει κίνδυνος τύφλωσης. Σε περίπτωση που γίνει σε επαγγελματικό βαθμό να πούμε ότι θα ήταν απαραίτητη η χρήση πυρασφάλειας (πυροσβεστήρα) διότι υπάρχει κίνδυνος ανάφλεξης του υλικού που κατεργαζόμαστε σε περίπτωση λάθους. Ο χρήστης είναι υπεύθυνος να λάβει τα απαραίτητα μέτρα προστασίας.

9.3 Συντήρηση

Η συντήρηση της μηχανής CNC είναι απλή στις περισσότερες περιπτώσεις. Θα πρέπει να ελέγχεται από έμπειρο και καταρτισμένο προσωπικό και μερικές φορές από ειδικούς της ανάλογης εταιρίας για να υπάρχει ομαλότητα σε θέματα εγγυήσεων. Με απλά λόγια φροντίζουμε τη μηχανή και τα μέρη της να είναι καθαρά χωρίς υπολείμματα από τις κατεργασίες. Μετά από κάθε κατεργασία να καθαρίζεται καλά και με τις σωστές ουσίες. Ειδικότερα στους γραμμικούς κανόνες και στους κοχλίες περιστροφής το νερό δεν ενδείκνυται παρά μόνο στις αλουμιένιες επιφάνειες για να μην υπάρχει κίνδυνος βραχυκυκλωμάτων. Η χρήση λιπαντικού υγρού κατά την κατεργασία δεν επηρεάζει το σύστημα αρκεί να είναι σε μικρή ποσότητα και σωστά κατανεμημένη. Η Χρήση αέρα για τον καθαρισμό της μηχανής είναι η ιδανική. Κατά διαστήματα ελέγχουμε την μηχανή στις συνδέσεις της για τυχόν χαλαρώσεις σε συνδέσεις αλλά και σε βίδες. Τα υλικά που έχουμε χρησιμοποιήσει για την κατασκευή της μηχανής πρέπει να έχουν αντοχή και να μας προσφέρουν μεγάλη διάρκεια ζωής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΕΙΣ

10.1 Συμπεράσματα από την εργασία

- **Inkscape:** Με αυτό το λογισμικό σχεδίασης μπορεί ο χρήστης να μετατρέψει οποιαδήποτε εικόνα, σχέδιο, κείμενο και άλλα σε διανυσματική μορφή ώστε να μπορεί να το μετατρέψει σε ψηφιακή μορφή. Έχει δημιουργηθεί για την επεξεργασία διανυσματικών γραφικών. Μπορεί ακόμα να επεξεργαστεί εικόνες ή σχέδια, να δημιουργήσει και να προσθέσει αντικείμενα, κείμενο και πολλές ακόμα χρήσεις πάνω στην επεξεργασία των γραφικών.
- **Βηματικοί κινητήρες (stepper motors):** Με το σωστό πρόγραμμα και κύκλωμα οδήγησης που θα επιλεγεί σύμφωνα με τις απαιτήσεις του κινητήρα είναι δυνατή η αυξομείωση των στροφών, με διαμόρφωση πλάτους παλμών (pulse width modulation, pwm). Ακόμα και ο προσανατολισμός της κίνησης δεξιόστροφα ή αριστερόστροφα. Ένα σημαντικό στοιχείο είναι ότι σε ένα βηματικό κινητήρα μπορούμε να έχουμε κίνηση με διακριτά ελεγχόμενα βήματα.
- **Ισχύς και focus laser:** Με τις κατάλληλες ρυθμίσεις στο εργαλείο κατεργασίας, στην περίπτωση της παρούσας εργασίας το laser άρα τη σωστή ένταση ισχύος και το σωστό focus, μπορεί ο χρήστης να χρησιμοποιήσει διαφόρων τύπων υλικά όπως παρατηρήθηκε με σωστό αποτέλεσμα.

10.2 Μελλοντικές αναβαθμίσεις

A. Στην συγκεκριμένη εργασία, θα μπορούσε να γίνει αναβάθμιση στους άξονες X και Y κίνησης και στο εργαλείο LASER. Προσθέτοντας έναν άξονα, Z, θα μπορούσε να προστεθεί βραχίονας, ώστε να πραγματοποιείται 3D κατεργασία. Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα τη δυνατότητα στο χρήστη να μπορεί, αντί για επίπεδα υλικά και μιας όψης κατεργασίας, να κατεργάζεται τρισδιάστατα υλικά.

B. Σε εφαρμογές 3D κατεργασίας, ο άξονας Z θα μπορούσε, επίσης, να καταργηθεί και να αντικατασταθεί με την ανάλογη προγραμματισμένη (software) ρύθμιση του χρόνου και έντασης της δέσμης LASER.

Γ. LASER για κοπή μεγάλης ποσότητας υφασμάτων και ρούχων, βάσει σχεδίων (patron).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΠΗΓΕΣ

- [1,3] <https://medium.com/cnc-life/history-of-cnc-machining-part-1-2a4b290d994d>
- [2] https://en.wikipedia.org/wiki/Jacquard_machine#/media/File:Deutsches_Technikmuseum_Berlin_February_2008_0013.JPG
- [4] <https://medium.com/cnc-life/history-of-cnc-machining-part-2-the-evolution-from-nc-to-cnc-4b9fe1653536>
- [5] <https://www.highcrossdesigns.com/news/what-is-cnc-machining/>
- [6] <https://www.openmind-tech.com/en/cad/>
- [7] <https://www.worldwidemachinetool.com/product/10-x-54-new-acer-3-vertical-milling-model-1054-w-fagor-cnc-control/>
- [8] <https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=KSYnR9Um&id>
- [9] [Pálení laserem - strojírenská společnost KT MetSteel.cz](http://www.palenilaserem.cz)
- [10] <https://www.atpfirst.com/>
- [11] <https://www.donzonas.lt/metalo-apdirbimas>
- [12] <https://aquawaterjetcutting.com/cnc-waterjet-cutting-services/>
- [13] <http://www.sun-te.com/products/21145237.html>
- [14] <https://www.directindustry.com/prod/gleason/product-11966-961419.html>
- [15] <https://www.azurefilm.com/en/arduino-uno-r3>
- [16] <https://eurekaphysics.wordpress.com/experimental-physics/laser/ruby-laser/>
- [17] https://www.photonics.com/images/Web/Articles/2020/6/22/thumbnail_65877.jpg
- [18] <https://instrumentationtools.com/laser-diode-working-principle/>
- [19] <https://www.newport.com/t/laser-diode-technology>
- [20] https://shopdelta.eu/palmitrofodotika-smpps-switched-mode-power-supplies_126_aid865.html
- [21] Ηλεκτρονική (Αρχές και εφαρμογές), Albert Malvino – David J. Bates, 7^η Έκδοση, 2013, Κεφάλαιο 24-8

Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Πρωτότυπου συστήματος CNC (Computer Numerical Control), για Επεξεργασία Επιφανειών, με τη Βοήθεια LASER

[22] https://www.researchgate.net/figure/Two-phase-stepper-motor-works-2-Linear-interpolation-algorithm-The-classic-Bresenham_fig3_329599349

[23,24] https://www.faulhaber.com/fileadmin/user_upload_global/support/MC_Support/Motors/AppNotes/Faulhaber_AN001_EN.pdf

[25] https://img.fruugo.com/product/9/06/203650069_max.jpg

[26] https://img.fruugo.com/product/3/06/545903063_max.jpg

DATASHEETS

[D.1] <https://sdelay.tv/sites/sdelay.tv/files/image/pl15s020.pdf>

[D.2] <https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3>

[D.3] <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/22432/STMICROELECTRONICS/L293D.html>